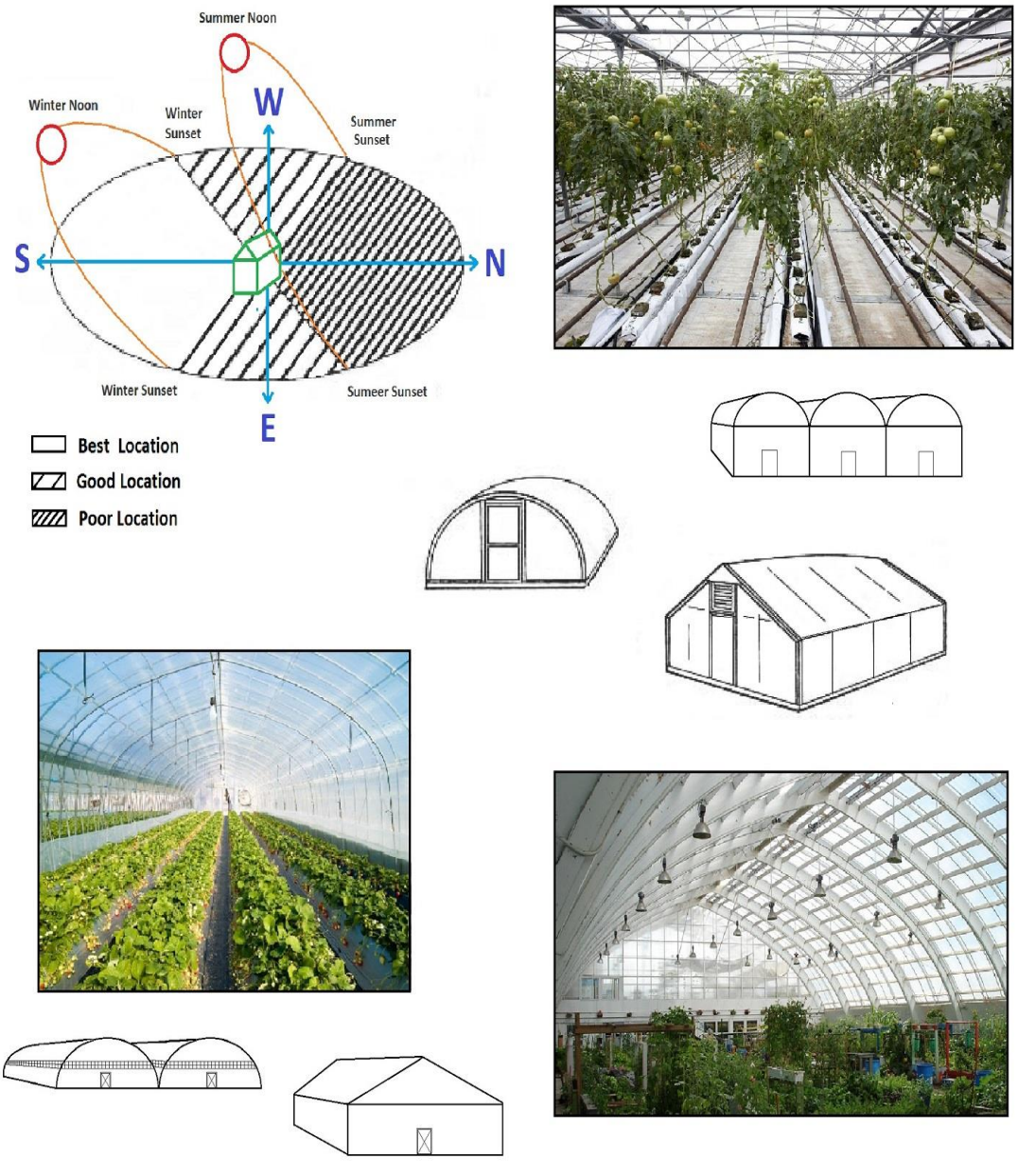
بهینه‌سازی آب – انرژی در ارتقای بهره‌وری آب در گلخانه‌ها



کارگروه استفاده پایدار از منابع آب در تولیدات کشاورزی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

فصل اول

چالش‌ها و ظرفیت‌های آب – انرژی و تولید در گلخانه‌ها

۱-۱- پیشگفتار

یکی از ظرفیت‌های تولیدی، اقتصادی و معیشتی کشور، فعالیت کشاورزی بوده و در عین حال، میزان دسترسی به آب مهمترین عامل تحدیدکننده و تهدیدکننده محسوب می‌شود. بدیهی است برای تبیین و پایش عملکردی هر فعالیتی نیازمند شاخص‌هایی می‌باشد، بهره‌وری آب (فیزیکی و اقتصادی) و بهره‌وری انرژی اصلی‌ترین معیار در شرایط گلخانه‌ها محسوب می‌شود. بهره‌وری بر ساختار و بنیان مدیریت گلخانه، سازه، سامانه آبیاری، اقتصاد تولید و بازار، بستر تولید، انرژی استوار است. بخشی از آب کاربردی جزو مصارف غیرمفید تلقی می‌شود که شامل تبخیر مستقیم و تعرق علف‌های هرز می‌شود، در شرایط گلخانه‌ای هر دو جزء مصارف غیرمفید ذکر شده، کاهش می‌یابد اما مصارف آب برای سرمایش و گرمایش که جزو الزامات کار در گلخانه‌ها محسوب می‌شود سهم قابل ملاحظه‌ای از کل آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد. وجود مصارف غیرمفید که نقشی در تولید ندارند؛ سبب کاهش و نقصان بهره‌وری می‌شود.

در تعریف بهره‌وری آب (WP)، مخرج کسر میزان آب کاربردی (آب آبیاری و بارش) و صورت آن مقادیری از عملکرد، ریال یا انرژی، ارزش افزوده یا کالری می‌باشد، در شرایط گلخانه‌ای بهره‌وری اقتصادی و بهره‌وری انرژی اهمیت و عینیت بیشتری می‌یابد. عموما بخاطر همسان‌سازی دیمانسیون ابعادی، دو مفهوم بهره‌وری

اقتصادی آب و بهره‌وری انرژی و بر حسب ریال (ریال فروش محصول یا ریال انرژی مصرفی) بر متر مکعب کاربرد داشته و در تحلیل‌ها و تصمیم‌گیری‌ها برای ارزیابی چگونگی مصرف آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آنجایی که کشت و کار در گلخانه یک واحد جغرافیایی خاص در قالب الگوی کشت است و مبتنی بر تعدادی محصول کشاورزی با ویژگی‌های تولیدی و اقتصادی مختص خود می‌باشند، بهره‌وری فیزیکی آب هر یک از محصولات بخاطر همگن نبودن دیمانسیون ابعادی، قابلیت مقایسه ندارند، ضرورت خواهد داشت که از بهره‌وری اقتصادی استفاده شود.

اصطلاح کارآیی مصرف آب (WUE)، نسبت تولید محصول به تبخیر و تعرق است و نسبت عملکرد (به صورت عملکرد فتوسنتز، عملکرد زیست توده، یا عملکرد اقتصادی) بر واحد حجم آب مصرفی (به صورت حجم آب تعرق شده، تبخیر و تعرق، و یا حجم آب کاربردی) را تعیین و ارائه می نماید. امروزه بیشتر از واژه و شاخص بهره‌وری به ویژه در مقیاس‌های بزرگ و ملی و در اسناد بالادستی کشور از جمله قانون افزایش بهره‌وری بخش کشاورزی و منابع طبیعی نیز از این شاخص استفاده شده است. در ادامه شاخص‌های بهره‌وری آب ارایه شده است.

شاخص بهره‌وری آب در گلخانه صرفا متاثر از برنامه و سامانه آبیاری نبوده و عوامل مهم و فراوانی در آن دخالت دارند که عبارتند از: سازه و تاسیسات، تامین انرژی، سرمایش و گرمایش، آب و آبیاری (کیفیت و کمیت آب، نظام و روش آبیاری، نیاز آبی و آبیاری، برنامه آبیاری، زهکشی، کم‌آبیاری، پارامترهای اقلیمی، استحصال آب باران)، بستر و تغذیه، گیاه، آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز، اقتصاد و بازار، فرآوری و بسته‌بندی، قوانین و برنامه‌ریزی، نوع تولید (محصول اصلی، بذر، نشاء)، ماشین‌ها و بهداشت و سلامت کارگاهی.

برای غلبه بر چالش امنیت غذایی راه‌حل هایی مانند افزایش سطح زیر کشت و عملکرد، افزایش نهاده‌های کشاورزی، کنترل جمعیت و رشد مصرف، افزایش واردات و ... ارائه شده که هر یک با محدودیت‌های اجرایی خاص خود مواجه‌اند. لذا عملی‌ترین راه، استفاده بهینه از تولیدات موجود و در رأس آنها کاهش ضایعات است. فرآوری و کاهش ضایعات در حقیقت نوعی افزایش بهره‌وری منابع تولید است.

اولین قدم برای پرداختن به امر تعدیل و کاهش ضایعات، گردآوری اطلاعات مستند و مبتنی بر اصول علمی و فنی می‌باشد که متاسفانه در این خصوص با ضعف جدی روبرو هستیم. تاکنون مطالعه جامعی در خصوص تعیین مقدار دقیق ضایعات در مراحل مختلف زنجیره تولید تا مصرف به‌عمل نیامده است.

رویکردهای متعالی برای افزایش بهره‌وری در چهار مقوله "پژوهش"، "فناوری"، "آموزش و توانمندسازی" و "ترویج دستاوردها" تبلور عینی و عملیاتی پیدا خواهد کرد. برای دستیابی به این موارد و "بهبود ضریب تاثیر یافته‌ها در عرصه‌های کشاورزی"، پایداری منابع و نیز "ارتقای شاخص سرانه علمی و تولید دانش"، اجماعی از همسویی و تعامل با محققین و اعضای هیات علمی، دانشگاه‌ها، واحدها و دستگاه‌های اجرایی، تشکل‌ها و صنوف کشاورزی، کمیسیون‌ها و انجمن‌ها نیاز است. راهبری و هدایت فعالیت‌ها، دارای نگاه جامع و با در نظر گرفتن تمام ابعاد و اجزا می‌باشد.

حجم مصرف آب در بخش کشاورزی نیز بر مبنای روش بیلان آب در چرخه هیدرولوژی توسط موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی در سطح کشور برآورد و تحلیل شده است که با توجه به تغییرات الگوی بارش نسبت به گذشته، میانگین پنجاه ساله بارش برابر ۲۴۹±۵۳ میلی‌متر و میانگین هفت ساله بارش برابر ۲۰۶±۳۳ میلی‌متر به‌دست آمد. میانگین حجم مصرف آب در بخش کشاورزی برای دوره‌های پنجاه و هفت ساله به ترتیب برابر ۶۷±۱۸ و ۷۵±۵ میلیارد مترمکعب به دست آمد. فقط در سال ۱۳۹۲ حدود ۱۰ میلیارد مترمکعب از منابع آب زیرزمینی برای مصرف در بخش کشاورزی اضافه برداشت صورت گرفته است. در همان سال، میانگین سهم منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی در تامین حجم آب کشاورزی ۲۹ و ۷۱ درصد بود. در حالی‌که سهم آب زیرزمینی و سطحی در آب مصرفی کشاورزی به‌طور معمول، به صورت ۶۰ و ۴۰ درصد در نظر گرفته می‌شود. تغییر مقادیر این سهم به صورت ۷۱ و ۲۹ درصد، نشان دهنده تغییر رویه مصرف آب در بخش کشاورزی است. مصرف آب در سطح کشور، هم در بخش کشاورزی و هم در سایر بخش‌های مصرفی آب، به احتمال دارای روند افزایشی بوده و نباید مانند یک مساله یا پدیده تصادفی یا آماری صرف (محض) ارزیابی گردد.

۱-۲- گلخانه

امروزه تولید انواع محصولات کشاورزی در محیط‌های کنترل شده، به‌دلیل امکان‌فراهم ساختن شرایط مناسب برای تولید حداکثر و حتی خارج از فصل و نیز کنترل میزان مصرف نهاده‌های کشاورزی و سعی در کاهش مصرف آنها به‌ویژه آب، مورد توجه خاص قرار گرفته است. افزایش عملکرد توأم با کاهش مصرف آب و در نتیجه افزایش قابل‌توجه در بهره‌وری آب، از جمله مواردی هستند که در گلخانه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. مثلاً رسیدن به عملکرد ۷۲۰، ۶۸۵ و ۴۵۰ تن در هکتار به‌ترتیب برای گوجه‌فرنگی، فلفل دلمه‌ای و خیار

در کشت‌های گلخانه‌ای در کشور هلند و یا افزایش بهره‌وری آب در تولید گوجه‌فرنگی از ۱۷- ۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب در کشت‌های فضای باز کشورهای حوزه دریای مدیترانه به ۶۶- ۳۹ کیلوگرم بر متر مکعب در کشت‌های گلخانه‌ای در همین کشورها، حاکی از این مزیت نسبی است.

با توجه به رشد جمعیت و افزایش غذا در جهان، آب مصرفی توسط گیاهان و تقاضا برای آب کشاورزی در حال افزایش بوده، در حالی که امکان تأمین آب، متناسب با آن ممکن نیست. این افزایش در مناطق خشک و نیمه خشک بیشتر بوده چرا که آبیاری مصرف کننده اصلی منابع آبی سطحی و زیرزمینی برای تامین غذا در این نواحی است. بنابراین توجه به راهکارهای افزایش راندمان کاربرد و مصرف آب و افزایش تولید با منابع آبی موجود، ضرورت دارد. در دهه‌های اخیر، کشت در محیط‌های کنترل شده و یا به اصطلاح گلخانه که امکان تولید محصولات مختلف در شرایط متنوع آب و هوایی و ویژگی‌های مختلف خاک و آب آبیاری را فراهم می‌آورد، به عنوان راهکاری موثر در افزایش تولید با مصرف آب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. برداشت محصول فراوان از مساحت کم، بهره‌وری بالای عوامل تولید به ویژه آب، اشتغال‌زائی، تولید در خارج از فصل و عرضه مستمر محصولات سبزی و صیفی در طول چهار فصل سال و افزایش کیفیت محصول، اهدافی هستند که در توسعه گلخانه‌ها دنبال می‌شوند.

فرآیند تولید به تامین نهاده‌ها و ضروریات رشد و نمو و زایش بستگی دارد. آنچه که در گلخانه به عنوان محیط تحت کنترل و مدیریت شده وجود دارد، نقض فرآیند طبیعی نیست، بلکه «تغییر و تسریع» در آن حاکم است.
در شرایط عادی، «بستر تولید» جزو الزامات محسوب می‌شود و «پایش» مستمر آن گرچه هزینه‌بر است، اما بخاطر وجود مخاطراتی چون آلودگی، کمبود و بیش‌بود عناصر، نقصان کیفی ناشی از افت کیفی آب یا خاک (یا هر دو) بسیار ضروری است. یکی از این تغییرات، نوع و شرایط بستر است که با شرایط عادی متفاوت بوده و کاملا تحت کنترل می‌باشد و حتی از شرایط خاکی به شرایط آب‌کشت (هیدروپونیک)، هوا کشت (آیروپونیک) یا حتی آکوآپونیک (گیاه، آب و ماهی) قابل تغییر است. در خصوص تسریع نیز، بخاطر مهیایی و تامین شرایط دمایی، رطوبت و نور، زمان انجام فرآیندهای فیزیولوژیکی و تکاملی کوتاه و میزان مصرف نهاده‌ها کاهش و بهره‌وری تولید افزایش می‌یابد.
اگرچه کشور ایران سابقه دیرینه‌ای در تعامل با خشکی و خشکسالی دارد و بسیاری از «دانش‌های بومی» نیز منبعث از تحمیل شرایط سخت طبیعت بوده است، اما توسعه کشاورزی و افزایش جمعیت، ایجاب می‌کند که متناسب با منابع آبی قابل دسترس، هم تولید را مدیریت و هم منابع آبی را حفظ نمود.

مهمترین معضل کشور در مقوله آب، وجود «مصارف غیرمفید» فراوان در بخش کشاورزی است. شاید به جرات بتوان گفت اسراف آب در مصارف شرب و وارد شدن آن به شبکه فاضلاب، باز هم فرصتی دوباره برای بازیابی، تصفیه و استفاده مجدد فراهم می‌باشد، اما «تلفات تبخیری» آب کشاورزی، آخرین حلقه مصرف آب محسوب می‌شود که متاسفانه با سهمی معادل ۸۰-۷۰ درصد، نقش مهمی در بیلان آبی کشور دارد.

برای ارزیابی و پایش هر فرآیندی، نیازمند شاخص‌هایی است که در این فضا، شاخص «بهره‌وری فیزیکی آب، بهره‌وری اقتصادی آب و بهره‌وری انرژی» عینیت دارد. آنچه که در این گفتار بدان پرداخته خواهد شد، برخی مباحث مربوط به گلخانه مانند آب، انرژی، فرایندهای پیش‌تولید و برخی چالش‌های مرتبط می‌باشد.

مهمترین «فواید تولید در شرایط گلخانه‌ای» را می‌توان تولید حداکثری، مدیریت بهینه مصرف آب، تعدیل شرایط اقلیمی متناسب با نیاز رشدی گیاه، امکان تولید زنجیره‌ای، امکان تولید محصول سالم، امکان دسترسی به بازار مطمئن، امکان تولید محصول در طی سال و امکان تولید محصولاتی است که در شرایط عادی و فضای باز میسر نیست. از مهمترین «محدودیت‌های تولید در شرایط گلخانه‌ای» می‌توان به هزینه‌های سازه‌ها و زیرساخت‌ها، هزینه‌های آب و انرژی برای سرمایش و گرمایش، ضرورت کنترل بستر برای جلوگیری از آلودگی، پایش مستمر آفات و بیماری‌ها و دسترسی نیروهای فنی و کارگری اشاره کرد.

۱-۳- تامین انرژی (سرمایش و گرمایش)

فرآیند «سرمایش و گرمایش» یکی از اجزای جدانشدنی و پیوسته در شرایط گلخانه‌ای محسوب می‌شود. هزینه‌های اولیه و جاری دو مولفه اصلی آب و انرژی (سوخت) بسته به شرایط اقلیمی (ارتفاع، دما، رطوبت، نور و حتی سازه) و شرایط کشت، عواملی است که به شدت این سامانه تولیدی را تحت تاثیر قرار داده و هزینه واحد تولید را افزایش می‌دهد. گلخانه در صورتی که در شرایط تعادلی قرار داشته باشد دارای بالاترین بازده خواهد بود، در غیر این صورت ضمن تحمیل هزینه، بهره‌وری تولید را کاهش خواهد داد.

۱-۴- دستاورد بازدید

آنچه که در این بازدید موردی و خاص مشاهده شد نمونه‌ای از بهره‌گیری «دانش بومی، ظرفیت طبیعی و تلفیق آن با دانش فنی» است. اساس و مبنای اقدام صورت گرفته، فرآیند گرمایی و بستر تعادلی آن از «لایه‌های زیرین و زیرسطحی» است که دارای قدمت طولانی در نزد ایرانیان و به ویژه مناطق مرکزی می‌باشد. هوا (با هر دمایی و

حتی فراتر از دمای معمول حداکثری) به درون چاهکی به عمق حدود ۲۴ متر وارد و پس از ورود به چاهک مجاور به سمت سطح زمین حرکت می‌کند. در عمق ۱/۵ متری مانده به سطح زمین، وارد یک کانال افقی در بستر گلخانه شده و به فواصل معین (حدود ۲ متر) از طریق لوله‌هایی به سطح زمین می‌رسد. دمای جریان هوای رسیده به سطح زمین که در فضای گلخانه پخش می‌شود، حدود ۲۲ درجه سانتی‌گراد با اندکی تغییر جزیی خواهد بود و در کل سال (تابستان یا زمستان) تغییر محسوسی نخواهد داشت.

۱-۵- فواید و قابلیت‌ها

الف) بهره‌گیری از انرژی زمین

- کاهش قابل ملاحظه مصرف انرژی با بهره‌گیری از انرژی زمین، از آنجایی که در شرایط مرسوم انرژی حاصل از برق یا سوخت ضمن تحمیل هزینه سنگین، تبعات زیست محیطی و آلودگی‌ها را نیز به همراه خواهد داشت، با بهره‌گیری از انرژی زمین، میزان هزینه مصرف انرژی کاهش خواهد یافت. گرمایش زمین به عنوان انرژی پاک، کم‌هزینه، دسترسی آسان، مستمر و تجدیدپذیر بوده و دارای بنیان بومی و فنی می‌باشد.
- کاهش مصرف آب در فرآیند سرمایش، از آنجایی که سهم آب مصرفی برای فرآیند سرمایش نسبت به کل آب مصرفی قابل توجه می‌باشد، می‌تواند در مدیریت مصرف آب و بهبود بهره‌وری موثر باشد.
- سلامت محصول و کاهش مصرف سموم، با توجه به اینکه گرمایش و سرمایش مورد نیاز و ثابت گلخانه از طریق منبع طبیعی (گرمای زمین) تامین می‌شود، لذا با ایجاد جریان باد در گلخانه، میزان رطوبت نسبی در گلخانه تعدیل شده، از بروز بیماری‌های قارچی به شدت کاهش و به تبع آن، از میزان مصرف سموم قارچ‌کش کاسته خواهد شد و محصولی بیشتر، سالم و مطمئن‌تر تولید خواهد شد.
- تلقیح کامل، از آنجایی که شرایط رطوبتی با بکارگیری دمای زمین، تعدیل شده است و نیازی به سیستم فن و پد نیست، لذا میزان رطوبت در حد کنترل شده بوده و مانع تلقیح گل نخواهد شد، لذا امکان باروری کامل و تولید محصول بیشتر، میسر می‌شود.

ب) اقدامات مدیریتی

- کاهش آب مصرفی، مطابق با توضیحات ارائه شده توسط کارشناسان گلخانه، اقدامات مدیریتی مطلوبی در شرایط گلخانه‌ای و فضای باز برای کاهش آب مصرفی برخی محصولات صورت گرفته است.

آبیاری تناوبی پالسی با حجم کم و مکرر، سبب ارتقای بهره‌وری آب و مهیایی آب برای رشد محصول خواهد شد.

– استحصال و جمع‌آوری آب باران از سطوح عایق گلخانه، سطوح گلخانه دارای «ضریب رواناب بالا و آستانه رواناب اندک» بوده و آب باران نیز مملو از اکسیژن و عاری از آلودگی‌ها می‌باشد، لذا می‌تواند سهم مهمی در تامین بخشی از آب مورد نیاز و کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی داشته باشد. با فرض بارش سالیانه ۳۰۰-۲۵۰ میلی‌متر، میزان کل آب قابل استحصال افزون بر ۲۵۰۰ متر مکعب خواهد بود.

– امکان تولید گسترده نشاء، برای محصولاتی که امکان کشت نشایی آنها وجود دارد (مانند کلم، پنبه، ذرت، گوجه و .....) ظرفیت‌های خوبی برای تولید نشا وجود دارد. تولید صنعتی نشاء در مقایسه با کاشت مستقیم بذر، ۶۰-۴۵ روز اختلاف ایجاد می‌کند و همین بازه سبب کاهش ۳-۲ نوبت آبیاری در محصولات می‌شود که در صورت فراگیر شدن و ایجاد شرایط و بستر توسعه کشت نشائی، سهم قابل ملاحظه‌ای در کاهش آب مصرفی و صرفه‌جویی آب دارد.

– پژوهش و اصلاح ارقام برای فرآیند تولید بذر، اساساً گلخانه‌داران علاقمند به ایجاد «هسته‌های پژوهشی» و یا «بهره‌گیری از خدمات فنی مراکز پژوهشی و دانشگاهی» هستند، بر این اساس ضرورت دارد در بهبود شرایط کاری و ارتقای سطح فنی آنها و نیز مستندسازی اقدامات به آنها کمک کرد.

۱-۶- جمع‌بندی

دغدغه و نگرانی‌های جدی در موضوع آب از دو منظر کمی و کیفی وجود دارد که با توجه به ماموریت وزارت جهادکشاورزی (امنیت غذایی) و ماموریت وزارت نیرو (حفاظت از منابع آب)، دو فرآیند «اصلاح ساختاری تولیدات گلخانه‌ای» و «کاهش سهم تلفات تبخیری آب و بهره‌گیری از بارش» می‌توانند مدنظر قرار گیرند.

هزینه‌های سازه‌ای و زیرساختی گلخانه‌ها قابل توجه بوده و نیازمند تامین سرمایه است. گلخانه‌های نیازمند برخورداری از «تکنولوژی و فناوری‌های نوین» می‌باشد، لذا تهیه و ابلاغ «نقشه راه تولیدات گلخانه‌ای»، می‌تواند زنجیره تولید آن را بنحوی تنظیم کند که «هزینه‌های تولید در گلخانه کاهش و ارزش افزوده آن افزایش» یابد.

دستیابی به تولید چند برابری در گلخانه نسبت به فضای باز، فرصتی است که بایستی تولید را در آن نهادینه و مشکلات فعلی را به حداقل رسانید، مشکلاتی چون انرژی، آب، سرمایش و گرمایش، بازار، قیمت تمام شده،

فرآوری، نوع و کیفیت سازه‌ها، ارتقای سطح فناوری و دسترسی به دانش و محققین، آموزش و ترویج و انتقال یافته‌ها، پایش و کنترل شرایط و ایجاد شبکه خدمات گلخانه‌ای.

فصل دوم

بهره‌وری مصرف آب در گلخانه‌ها

۲-۱- پیشگفتار

کشور ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار دارد. متوسط بارندگی در این کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد که یک سوم میزان متوسط بارندگی جهانی است. شرایط خاص اقلیمی ایران و همین طور پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی، موجب محدودتر شدن منابع آبی کشور شده است. بنابراین هرگونه تولید محصولات کشاورزی و بهره‌برداری پایدار از آن را منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود آب کشور نموده است. با توجه به شرایط اقلیمی کشور ایران و پایین بودن امکان افزایش منابع جدید آب مورد استفاده در بخش کشاورزی و ضرورت افزایش تولیدات کشاورزی از منابع آب محدود، استفاده از روش‌های علمی و فنی مناسب جهت افزایش کارایی مصرف آب کشاورزی از ضروریات بخش کشاورزی است.

بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف کننده منابع آب کشور می‌باشد. با توجه به روند رشد جمعیت و محدود بودن منابع آب قابل استحصال، این بخش در تامین امنیت غذایی با چالش تولید بیشتر محصولات کشاورزی به ازای مصرف آب کمتر مواجه است. در دهه‌های اخیر، کشت در محیط‌های کنترل شده و یا به اصطلاح گلخانه که امکان تولید محصولات مختلف در شرایط متنوع آب و هوایی و ویژگی‌های مختلف خاک و آب آبیاری را فراهم می‌آورد؛ به عنوان راهکاری موثر در افزایش تولید با مصرف آب کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که زراعت‌های گلخانه‌ای در بسیاری از کشورهای جهان که حتی با محدودیت منابع آبی مواجه نیستند؛ به عنوان بخش نسبتا پایدار برای تولید محصولات کشاورزی توسعه یافته است. برداشت محصول فراوان از مساحت کم، بهره‌وری بالای عوامل تولید به‌ویژه آب و خاک در صنعت گلخانه، از مزایای آن در مقایسه با تولید محصولات مشابه در فضای باز است.

یکی از راهکارهای تولید بهینه و پایدار کشاورزی، استفاده از گلخانه‌ها برای کشت در محیط‌های کنترل شده می‌باشد. از مزایای کشت گلخانه‌ای می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ کنترل عوامل محیطی
- ✓ عرضه محصولات خارج از فصل رشد
- ✓ بهره‌وری تولید بالا
- ✓ کارایی مصرف آب بیشتر نسبت به کشت در مزارع
- ✓ استفاده از فضا به جای واحد سطح
- ✓ امکان تولید در کنار شهرهای بزرگ
- ✓ استفاده بهینه از نهاده‌های تولید
- ✓ امکان کشت بدون خاک
- ✓ سازگاری با خشکسالی و پایدار نمودن تولید در مناطق کم آب
- ✓ به وجود آوردن فرصت‌های شغلی
- ✓ امکان صادرات محصولات با تنوع بیشتر

از سویی دیگر کشت در گلخانه‌ها دارای معایبی نیز می‌باشد از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ✓ هزینه سرمایه‌گذاری بالاتر
- ✓ بالا بودن آفات و بیماری‌ها در محیط‌های گلخانه‌ای
- ✓ نیاز به اعمال مدیریت بیشتر در جهت تولید
- ✓ نیاز به نیروی کارگری ماهرتر (لزوم نظارت دقیق بر تهویه، سرمایش، گرمایش، روشنایی و...)

در دهه‌های اخیر، کشت در انواع گلخانه‌ها و محیط‌های تحت کنترل که امکان افزایش تولید محصول را در شرایط متنوع آب و هوایی، خاک و آب فراهم می‌آورد، به عنوان راهکاری موثر در افزایش عملکرد و تولید برخی محصولات کشاورزی به‌ویژه در کشورهای توسعه یافته، مورد توجه بوده است. عملکرد بالا و مصرف کم و کنترل شده آب از ویژگی‌های کشت گلخانه‌ای است که موجب می‌شود؛ استفاده از گلخانه‌ها و محیط‌های کشت تحت کنترل در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز به عنوان راهکاری اساسی در افزایش کارایی مصرف آب مورد توجه متخصصان، سیاست‌گذاران، کارشناسان جوان و کشاورزان واقع شود.

۲-۲- بهره‌وری و کارایی مصرف آب

امروزه جهان در تامین امنیت غذایی با چالش تولید بیشتر به ازای مصرف آب کمتر مواجه است. درک صحیح چگونگی توسعه، مدیریت و مصرف منابع آب، راه حل کلیدی برخورد با چالش فوق می‌باشد. منطقی‌ترین راه حل، افزایش تولید یا عملکرد محصول به ازای واحد آب مصرفی است. کارایی مصرف آب به مقدار محصولی گفته می‌شود که از هر واحد حجم آب به دست می‌آید. ولی بهره‌وری آب حتی از این مفهوم نیز فراتر رفته و علاوه بر مقدار تولید، مقدار درآمد حاصل از هر واحد آب را نیز مورد ارزیابی قرار می‌دهد.

معمولا اصطلاح کارایی (راندمان) مرتبط با نسبت یک ورودی به یک خروجی است. در کشاورزی آبی چندین پارامتر از جمله کارایی (راندمان) انتقال آب، راندمان آب کاربردی و راندمان آبیاری وجود دارد که در تمامی آنها ورودی‌ها و خروجی‌ها صرفا میزان آب برحسب واحد عمق یا حجم آب می‌باشد. واژه کارایی مصرف (Water Use Efficiency, WUE) که در برخی منابع از آن به عنوان بهره‌وری آب گیاه (Crop Water Productivity, CWP) نیز نام برده شده است، برای نشان دادن رابطه کمی میان رشد (عملکرد) گیاه و میزان آب مصرفی به کار می‌رود. این واژه غالبا در دو زمینه زراعت و مهندسی تعریف می‌شود. یک متخصص زراعت بایستی تمرکز بیشتری بر روی کارایی آب در منطقه توسعه ریشه برای تعرق گیاه و همچنین تبدیل عملکرد گیاه به یک محصول بازارپسند داشته باشد. در عوض یک مهندس بایستی تمرکز بیشتری بر روی کارایی آب تحویل داده شده به خاک داشته باشد.

در کشاورزی CWP، نشان‌دهنده میزان ماده تولیدی گیاه به ازای واحد آب مصرفی است و بنابراین می‌تواند به صورت رابطه ذیل بیان شود:

(۱)

$$CWP=Y/W$$

در این رابطه پارامتر Y می‌تواند بیانگر کل ماده تولید شده توسط گیاه، مقدار ماده خشک تولیدی گیاه و یا عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیکی و یا هر دو) باشد. پارامتر W می‌تواند به صورت‌های مختلف از جمله مقدار آب تعرق یافته به وسیله گیاه، مقدار تبخیر از سطح خاک و گیاه (تبخیر و تعرق)، مقدار آب به کار برده شده برای زراعت، مقدار آب مفید مصرفی و یا مقدار آب مفید یا غیرمفید مصرفی ارایه شود. اگرچه CWP یک شاخص از مقدار خروجی به ازای مقدار ورودی است ولی به ندرت تمام ورودی‌هایی که در تولید محصول موثرند؛ در تعیین آن مورد ملاحظه قرار می‌گیرند. همچنین از آنجا که مقدار محصول گیاهان یکسان نیست؛ تبخیر و تعرق یا آب مصرفی آنها نیز با یکدیگر نابرابر است و در نتیجه نسبت تولید به آب مصرفی (CWP) در آنها تغییرات زیادی را نشان می‌دهد. حتی در مورد یک گیاه خاص هم CWP مقدار

ثابتی نیست و تحت تاثیر شرایط اقلیمی داخل گلخانه و مدیریت زراعی متفاوت برای واریته‌های گوناگون گیاه، کم یا زیاد می‌شود.

از آنجایی که یکی از ضرورت‌های توسعه زراعت‌های گلخانه‌ای در کشور، ارتقای بهره‌وری مصرف آب است؛ لذا مطالعات، بررسی‌ها و تحقیقاتی که به نوعی برای مصرف هر چه دقیق‌تر و پایدارتر آب در گلخانه‌ها انجام شده و بیشترین مقدار عملکرد را به صورت پایدار حاصل نماید؛ نیاز است تا مورد توجه محققین، مسوولین و دستاندرکاران بخش کشاورزی قرار گیرد. در رابطه با مدیریت آبیاری، میزان آب مصرفی، نیاز آبی و غیره، در دنیا مطالعات متعددی انجام یافته است تا آب آبیاری با حداکثر راندمان ممکن در اختیار گیاهان گلخانه‌ای قرار گیرد.

عملکرد محصول رابطه نزدیکتری با آب تعرق یافته توسط گیاه دارد. به عبارتی کاهش تعرق سبب کاهش عملکرد محصول می‌گردد. در حالی که با کاهش تبخیر از سطح خاک و گیاه، عملکرد محصول کاهش نمی‌یابد. لذا کارایی مصرف آب، گاه بر اساس مقدار عملکرد محصول به ازای آب تعرق یافته تعیین می‌شود. توسعه کشاورزی و تولید پایدار در مناطق خشک و نیمه‌خشک به افزایش کارایی مصرف آب بستگی دارد. کارایی مصرف آب نمایه‌ای برای بیان کمی تولید محصول به ازای واحد آب مصرفی است و با افزایش عملکرد یا کاهش آب مصرفی افزایش می‌یابد.

افزایش عملکرد و یا کاهش آب مصرفی، مقادیر کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد. عملکرد و آب مصرفی کشت‌های گلخانه‌ای در مقایسه با مزرعه بسیار متفاوت می‌باشد. عملکرد محصولات گلخانه‌ای به دلیل کنترل عوامل موثر بر تولید از جمله کنترل شرایط اقلیمی، برنامه آبیاری و تغذیه، افزایش سطح کشت ناشی از افزایش تراکم بوته و استفاده از حجم گلخانه به جای سطح در مقایسه با شرایط مزرعه افزایش چشمگیری را نشان داده است.

۲-۳- مدیریت آبیاری در گلخانه‌ها

هدف از سرمایه‌گذاری و احداث انواع گلخانه‌ها، کنترل و مدیریت پارامترهای محیطی و اقلیمی موثر در تولید محصولات کشاورزی از جمله دما، رطوبت نسبی، دی‌اکسیدکربن و نور می‌باشد. با توجه به محدودیت منابع آبی کشور، دقت و صرفه‌جویی در کاربرد آب به خصوص در بخش کشاورزی امری اجتناب ناپذیر شده است. اهمیت این موضوع به گونه‌ای است که اگر با راندمان فعلی مصرف آب در بخش کشاورزی، هزینه واقعی استحصال آب از زارعین اخذ شود؛ قیمت تمام شده محصولات کشاورزی بسیار بالاتر از ارزش بین‌المللی آنها خواهد بود. علاوه بر جنبه اقتصادی موضوع، کاربرد بیش از اندازه آب در مزارع و گلخانه‌ها باعث افزایش

علف‌های هرز، کاهش کمی و کیفی محصول، ماندابی شدن بستر کشت و افزایش خطر بروز انواع قارچ‌ها و بیماری‌ها می‌گردد.

همانند روش‌های آبیاری محصولات در محیط‌های باز، روش‌های مختلفی نیز جهت آبیاری محصولات در گلخانه استفاده می‌شود. این روش‌ها شامل دو دسته اصلی آبیاری سطحی و تحت فشار می‌باشند. در ادامه به روش‌های آبیاری در گلخانه به اختصار اشاره می‌شود:

روش‌های آبیاری سطحی: روش‌های آبیاری سطحی عموما به دلیل طراحی غیرکارشناسانه و مدیریت ضعیف، راندمان پایینی داشته و باعث اتلاف مقادیر قابل توجهی آب به شکل نفوذ عمقی و یا رواناب سطحی می‌گردند. در عین حال شستشوی خاک از املاح مفید، افزایش رشد علف‌های هرز، ماندابی شدن خاک و بروز انواع عفونت، قارچ و انگل‌ها و همچنین، پوسیدگی ساقه و ریشه گیاهان، از مضرات کاربرد غیراصولی روش‌های آبیاری سطحی می‌باشند. معمولا این سیستم‌ها در گلخانه‌ها به سه روش آبیاری کرتی، نواری و شیاری اجرا می‌گردند. در صورتی که نفوذپذیری خاک کم باشد و گیاه نیز نسبت به محیط اشباع از آب حساسیت نداشته باشد؛ استفاده از روش آبیاری سطحی می‌تواند راندمان کاربرد آب را تا حد معقولی افزایش دهد. در صورتی‌که مقدار آب در دسترس برای آبیاری گلخانه کافی باشد؛ با توجه به پایین‌بودن هزینه اولیه روش آبیاری سطحی، استفاده از این روش آبیاری در گلخانه‌ها قابل توجیه است.

سیستم‌های آبیاری تحت فشار: با توجه به محدودیت‌های روش‌های آبیاری سطحی از نظر راندمان و همچنین معایبی که از استفاده نادرست آنها متوجه گیاه می‌شود؛ انواع سیستم‌های آبیاری تحت فشار در گلخانه‌ها توسعه یافته‌اند. اصولا این سیستم‌ها با توجه به اهداف سرمایه‌گذار برای اجرای سیستم و راندمان مورد نظر، طراحی و اجرا می‌گردند. سیستم‌های آبیاری بارانی معمولا در گلخانه‌هایی اجرا می‌گردند که هدف در آنها نه تنها تامین نیاز آبی گیاه بلکه کاهش دمای محیط و تامین رطوبت گلخانه نیز می‌باشد. از مزایای اجرای سیستم‌های آبیاری بارانی، افزایش راندمان کاربرد آب بیش از ۷۵ درصد، امکان افزایش درصد رطوبت گلخانه و در نتیجه کاهش تبخیر و تعرق گیاهان و امکان کاهش دمای گلخانه متناسب با نیاز حرارتی گیاه می‌باشد. با توجه به اینکه در سیستم آبیاری بارانی، آب مستقیما به روی شاخ و برگ گیاه پاشیده می‌شود و در صورت شور بودن و یا دارا بودن برخی املاح، امکان سوختگی برگ‌ها و مسمومیت گیاه نیز وجود دارد؛ بنابراین پایش و کنترل کیفیت آب نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. از محدودیت‌های دیگر این سیستم، عدم توانایی کنترل علف‌های هرز و عدم امکان رفت و آمد در داخل گلخانه هنگام کارکرد سیستم می‌باشد.

با توجه به محدودیت‌هایی که برای استفاده از سیستم آبیاری بارانی در گلخانه‌ها وجود دارد و همچنین با توجه به قابلیت‌های سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، سرمایه‌گذاران توجه بیشتری به استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای نشان می‌دهند. از قابلیت‌های روش آبیاری قطره‌ای می‌توان امکان کوددهی و سایر مواد مورد نیاز گیاه محصول هنگام آبیاری را برشمرد. با علم به اینکه قطره‌چکان‌ها در کنار بوته یا ساقه گیاه قرار می‌گیرند؛ امکان رشد و نموی علف‌های هرز از بین خواهد رفت و این روش تداخلی با رفت و آمد و سایر فعالیت‌ها در گلخانه به وجود نمی‌آورد. همچنین امکان استفاده از آب‌هایی با کیفیت پایین‌تر نسبت به روش بارانی وجود دارد.

همچنین در گلخانه‌ها از روش‌های تلفیقی نیز استفاده می‌گردد. به طور مثال در گلخانه می‌توان از هر دو روش کرتی و قطره‌ای بهره گرفت. معمولا از روش کرتی یا غرقابی در ابتدای کشت جهت شستشوی املاح استفاده می‌شود و زمانی که امکان دسترسی به آب کم است زارع از روش قطره‌ای استفاده می‌نماید.

در بررسی از گلخانه‌های کشور مشاهده شد؛ زمینی که کشاورزان از کشت سنتی به کشت گلخانه‌ای روی می‌آورند؛ سعی می‌نمایند روش سنتی آبیاری خود را حفظ کنند و در صورت اجبار به کاربرد روش‌های مدرن، به روش تلفیقی روی می‌آورند. در گلخانه‌های استان یزد به دلیل کیفیت پایین آب، روش تلفیقی متداول است. اگرچه استفاده از روش سنتی بسیار مشاهده می‌شود اما زارعین جدید که از کشت گلخانه‌ای استفاده می‌نمایند به استفاده از روش‌های سنتی آبیاری چندان رغبتی نشان نمی‌دهند و سعی در استفاده از سیستم‌های تحت فشار دارند.

۲-۱- مسایل و مشکلات بهره‌وری پایین آب در گلخانه‌ها

انتخاب و اجرای یک سیستم آبیاری مناسب به همراه اعمال مدیریت آبیاری صحیح، از اساسی‌ترین فعالیت‌های تولیدی در گلخانه‌هاست. بر اساس اطلاعات جمع‌آوری شده در خصوص وضع موجود گلخانه‌های تولیدی کشور، مشکلات و نیازهای فنی مدیریت آبیاری در گلخانه‌ها به شرح ذیل دسته‌بندی شده‌اند:

- ✓ ادامه آبیاری غرقابی گلخانه‌ها در پاره‌ای از مناطق کشور
- ✓ مشخص نبودن نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای
- ✓ مشخص نبودن ضرایب گیاهی در زراعت‌های گلخانه‌ای
- ✓ نبودن راهکارهای کاربردی برای تعیین نیاز آبیاری گیاهان مختلف گلخانه‌ای در مراحل رشد
- ✓ مشخص نبودن تاثیر کم‌آبیاری بر کارآیی مصرف آب در گلخانه‌ها
- ✓ مشخص نبودن تاثیر کودآبیاری و زمان کارکرد سیستم بر یکنواختی توزیع آب و گرفتگی قطره‌چکان‌ها

- ✓ مشخص نبودن بهترین سطح آبیاری از نظر کارایی مصرف آب در زراعت‌های گلخانه‌ای
- ✓ ندانستن بهترین دور آبیاری در روز از نظر کارایی مصرف آب در زراعت‌های گلخانه‌ای
- ✓ مشخص نبودن کیفیت محصول و ارتباط آن با مدیریت آبیاری
- ✓ ضعف در مدیریت کاربرد آب‌های با کیفیت پایین در گلخانه‌ها
- ✓ نامناسب بودن ادوات و تجهیزات آبیاری و زهکشی در گلخانه‌ها.

تغییر اقلیم و شرایط آب و هوایی گلخانه نسبت به شرایط باز سبب ایجاد تفاوت در اهمیت عوامل موثر بر نیاز آبی گیاهان برای شرایط گلخانه‌ای و باز خواهد شد. به دنبال آن مقدار نیاز آبی گیاهان در شرایط باز و گلخانه متفاوت خواهد شد. برای برآورد نیاز آبی گیاهان در شرایط گلخانه باید روش‌های مورد استفاده در شرایط باز اصلاح شده و یا با توجه به عوامل موثر بر تبخیر-تعرق در شرایط گلخانه‌ای روش‌های جدیدی تعیین شوند.

عوامل محیطی مهم و اثرگذار بر تبخیر-تعرق گیاهان گلخانه‌ای عبارتند از: نور، دما، رطوبت نسبی هوا و تهویه.

با برآورد مقدار نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای در هر شرایطی می‌توان حد بهینه مصرف آن را (نه زیاد و نه کم) برای محصولات مورد نظر فراهم کرد تا بتوان از سرمایه‌گذاری زیاد انجام شده و واحد آب مصرفی در گلخانه حداکثر استفاده را نمود.

۲-۲- راهکارهایی برای افزایش بهره‌وری آب در گلخانه‌ها

از مهمترین اهداف توسعه گلخانه‌ها در کشور ارتقای بهره‌وری تولید و بالابردن کارایی مصرف آب است. افزایش بهره‌وری آب اصولا از دو طریق امکان پذیر است: (۱) نگاه داشتن میزان تولید محصول در سطح کنونی توام با کاهش آب مصرفی و (۲) افزایش عملکرد به ازای واحد آب مصرفی، بدین معنی که با حفظ منابع آبی موجود، میزان محصول تولیدی را افزایش داد.

عوامل موثر بر کارایی مصرف آب به سه گروه محیطی، گیاهی و مدیریتی تقسیم می‌شوند. در میان عوامل محیطی، ویژگی‌های آب و هوایی از قبیل تشعشع، دما، رطوبت و سرعت باد مهمترین عوامل موثر بر آب مورد نیاز آبیاری و در نتیجه کارایی مصرف آب می‌باشند. عمده‌ترین عوامل گیاهی موثر بر کارایی مصرف آب، نوع و واریته محصول و تراکم کشت در واحد سطح می‌باشد. مدیریت خاک، آب و گیاه به دلیل تاثیر عمیقی که بر شدت تبخیر-تعرق و عملکرد محصول دارند؛ بر کارایی مصرف آب موثر می‌باشند. مهمترین عوامل موثر بر کارایی مصرف آب در گلخانه‌ها عبارتند از:

- عوامل اقلیمی: در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بالا بودن درجه حرارت، شدت تابش زیاد و کمبود رطوبت نسبی هوا و وزش بادهای گرم و خشک موجب بالا رفتن نیاز آبی گیاهان می‌گردد. این گونه عوامل محیطی در سطح گلخانه قابل کنترل هستند و امکان تغییر آنها در محیط‌های بسته فراهم است. به طور کلی انعطاف در مدیریت عوامل آب و هوایی در محیط‌های کشت تحت کنترل براساس امکان استفاده از سامانه‌های گرمایش، سرمایش، تهویه، نور مصنوعی و رطوبت نسبی با اثربخشی بر آب مورد نیاز (کاهش) و عملکرد محصول (افزایش)، موجب افزایش چشمگیر کارایی مصرف آب می‌شود.
- برنامه‌ریزی به موقع آبیاری: برنامه‌ریزی آبیاری از جمله عوامل مهم مدیریتی موثر در مصرف بهینه آب است. برنامه‌ریزی آبیاری شامل تعیین مقدار آب مورد نیاز و زمان مناسب آبیاری است. تعیین نیاز آبی گیاهان در شرایط و محیط‌های تحت کنترل آسان‌تر است. تحقیقات همه جانبه و مدون پیرامون برآورد نیاز آبی گیاهان و زمان آبیاری برای محصولات در شرایط کشت گلخانه‌ای در کشور ما برای مدیریت بهتر و افزایش کارایی مصرف آب، مورد نیاز می‌باشد.
- استفاده از سامانه‌های مدرن آبیاری: استفاده از سامانه‌های پیشرفته وخودکار آبیاری از جمله راهکارهای مهم در افزایش کارایی مصرف آب می‌باشد. این سامانه‌ها ضمن کاهش تلفات آب به صورت نفوذ عمقی و رواناب، مقدار مناسب آب را در زمان مناسب در اختیار گیاه قرار می‌دهند. در گلخانه و محیط‌های کشت تحت کنترل، کارایی سامانه‌های پیشرفته و خودکار آبیاری به دلیل بالا بودن راندمان کاربرد و توزیع آب آبیاری بالا می‌باشد. استفاده از سامانه‌های آبیاری پیشرفته خودکار در گلخانه‌ها و محیط‌های تحت کنترل، ضمن افزایش عملکرد محصول با کاهش تلفات آب و مصرف مجدد زه‌آب، راهکاری استراتژیک در حفظ منابع آب می‌باشد.
- امکان کشت بدون استفاده از خاک: کاربرد این فن به عنوان راهکاری در ارتقای کنترل عوامل محیطی موثر در رشد گیاه، پرهیز از عدم اطمینان در کافی بودن آب و مواد غذایی موجود در شرایط مزرعه‌ای، غلبه بر مسایل ناشی از شوری خاک و آب، تجمع آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز وابسته به خاک مورد توجه بوده است. در کشت‌های بدون خاک با توجه به قابل کنترل بودن عوامل اصلی موثر در تولید، امکان دستیابی به عملکرد بالا به ازای آب مصرفی و سایر نهاده‌ها وجود دارد.(۲) در روش کشت گیاهان در گلخانه‌های هیدروپونیک بستر کشت گیاه را خاک تشکیل نمی‌دهد؛ بلکه مواد غذایی و هوای لازم از طریق آبی که در یک مدار بسته و یا باز با مسیر غیرقابل نفوذ جریان دارد

تامین می‌شود. ممکن است برای پایداری و استواری اندام هوایی گیاه از مواد ویژه، متشکل از مواد دانه‌بندی شده یا پشم سنگ و غیره استفاده شود. کلا محیط‌های کشت هیدروپونیک منشا سنگی، مواد مصنوعی و یا مواد آلی دارند.

در سیستم‌های باز، محلول غذایی پس از گردش در بستر کشت مجددا بازیافت می‌شود ولی در سیستم بسته، آب‌های برگشتی در مخزن جمع شده، پس از انجام تیمارهای لازم، بررسی و اصلاح کیفیت آن مجددا در مدار وارد می‌شود. در این روش بهره‌برداری آب بسیار بالاست و استفاده از این روش در جهان و ایران رو به افزایش است و در آینده‌ای نه چندان دور توسعه هر چه بیشتر آن در سطوح وسیع اجتناب ناپذیر خواهد بود. در حال حاضر رکورددار استفاده از روش هیدروپونیک هلند است که بیش از ۵۰ درصد تولیدات خود را با این روش انجام می‌دهد.

به‌طور کلی عوامل زیر در مقدار آب مورد نیاز برای کشت‌های هیدروپونیک اثرگذار است:

- اندازه و ارتفاع گیاهان،
- وضعیت برگ‌ها از نظر شکل، ابعاد، رنگ، زاویه، وضعیت آرایش، شاخص سطح برگ (LAI)، مقاومت روزنه‌ای و درجه پوشش آنها،
- دما،
- نوع سیستم هیدروپونیک (مدار بسته یا باز)،
- غیرقابل نفوذ بودن گلخانه به پارامترهای جوی فضای بیرونی.

- کاربرد آب با کیفیت‌های نامطلوب: در گلخانه‌ها و محیط‌های کشت تحت کنترل امکان تصفیه و تغییر کیفیت آب به لحاظ فنی، اجرایی و اقتصادی وجود دارد.
- کاربرد آب باران: نتایج نشان داد برای کشت گلخانه‌ای (نهال و گل‌های زینتی)، در منطقه سامان در استان چهارمحال و بختیاری، آب باران جمع‌آوری شده از سقف گلخانه برای رفع احتیاجات آبی آن در فصل غیرکشت (اواخر مهرماه لغایت اواخر فروردین ماه) کفایت می‌کند و لذا با این روش می‌توان بخشی از اراضی کشاورزی را به کشت گلخانه‌ای اختصاص داد و در فصل کشت (تابستان) آب مورد نیاز گلخانه را از منبع آب کشاورزی تامین کرد و آب مورد نیاز در فصل غیرکشت را از آب باران جمع‌آوری شده از سقف گلخانه تامین نمود.
- استفاده از ابرجاذب در بستر می‌تواند نقش به سزایی در افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب و کود در سیستم‌های کشت بدون خاک داشته باشد. با توجه به قیمت روزافزون کودهای مورد

استفاده در تهیه محلول‌های غذایی و محدودیت دسترسی به منابع آب با کیفیت مناسب، استفاده از پلیمرهای ابرجاذب به صورت مخلوط با بستر به عنوان راهکاری جهت بهبود استفاده از آب و کود و کاهش هزینه‌های تولید قابل توصیه است.(۲) استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب می‌تواند به عنوان راهکاری در این زمینه مطرح شود. هیدروژل‌های سوپرجاذب با جذب آب و تا حدودی املاح کودی و انبساط و انقباض متناوب باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند.

- استفاده از واریته‌ها و بذور پرمحصول
- امکان افزایش تراکم کشت

امروزه کشت گلخانه‌ای به علت تولید محصولات مرغوب و درآمد اقتصادی مطلوب مورد توجه قرار گرفته است. در عین حال محققین به دنبال روش‌های کارآمد و اقتصادی برای افزایش کارآیی مصرف آب و کود در گلخانه‌ها می‌باشند.

۲-۳- موانع و مشکلات در این مسیر

یکی از مشکلاتی که مانع از ارتقاء بهره‌وری آب کشاورزی از طریق ایجاد گلخانه‌ها و یا مجتمع‌های دامداری می‌شود، محدودیت‌های حقوقی و قانونی در استفاده از منابع آب تخصیصیافته به کشاورزی برای گلخانه و دامداری در فصل غیرکشت (بهدلیل محدودیت موجود در پروانه بهره‌برداری از منبع آب کشاورزی) است.

تحقیقات صورت گرفته در کشور در ارتباط با نیاز آبی در گلخانه‌ها ناکافی است و توصیه مشخصی در مورد آب مورد نیاز گیاهان گلخانه‌ای وجود ندارد. لیکن از آنجا که مقدار تشعشع خورشیدی در مناطق مختلف و اقلیمهای مختلف کشور متفاوت است و تشعشع خورشیدی می‌تواند به عنوان یک معیار برای برآورد نیاز آبی گیاهان گلخانه‌ای به‌کار گرفته شود؛ نیاز به تحقیقات و بررسی‌های بیشتری در این زمینه خواهد بود.

علاوه بر نیاز آبی (کمیت)، کنترل و تنظیم کیفیت آب در کشت‌های هیدروپونیک از اهمیت زیادی برخوردار است. مخصوصا که امروزه اکثر منابع آب در معرض آلودگی قرار دارند. اگر کیفیت آب خوب نباشد باید نسبت به پاک‌سازی و سالم‌سازی آن اقدام شود. آب با املاح تا ۲۵۰۰ پی‌پی‌ام برای کشت‌های هیدروپونیک قابل قبول است و هر چه این رقم کوچکتر باشد؛ بهتر است. برخی آب‌ها دارای مقادیر متناسبی مواد شیمیایی هستند که روی رشد محصول اثر منفی می‌گذارد؛ لذا شناخت کیفیت آب مصرفی بسیار اهمیت دارد و لازم است کیفیت آب تحت پایش مداوم قرار گیرد.

در ایران، به دلیل کم بودن قیمت حامل‌های انرژی، گلخانه‌داران برای کاهش مصرف این منابع هیچ گونه اقدامی نمی‌کنند و در نهایت علاوه بر هدررفت آنها، قسمت عمده‌ای از درآمدشان صرف تهیه انرژی (به طور عمده برای گرم کردن و سرد کردن) می‌شود.

معمولا گلخانه‌ها تحت تاثیر شرایط آب و هوایی بیرون قرار می‌گیرند. بنابراین تعیین ضریب گیاهی برای کشت‌های مختلف در شرایط متفاوت آب و هوایی برای گلخانه‌ها امری لازم و ضروری به‌نظر می‌رسد. بسیاری از محققان به این نتیجه رسیده‌اند که دور و مقدار آب آبیاری بر مبنای شرایط اقلیمی منطقه‌ای متغیر بوده و تعیین آن تجربی می‌باشد. نیاز آبی مهمترین فاکتور برای برنامه‌ریزی آبیاری (دور، عمق و دوره آبیاری)، طراحی و اجرای سیستم‌های آبیاری و زهکشی و... می‌باشد و لذا اطلاع دقیق از آن نقش اساسی را در ارتقای بهره‌وری مصرف آب در کشاورزی و به خصوص گلخانه دارد. انتخاب، طراحی و مدیریت مناسب سیستم‌های آبیاری و زهکشی در داخل گلخانه نیز از دیگر فاکتورهای مهم در افزایش بهره‌وری آب است؛ بنابراین به تحقیقات جامع و قابل استنادی در برگیرنده شرایط آب و هوایی مختلف کشور و محصولات رایج گلخانه‌ای نیاز می‌باشد.

ایجاد محیط‌های مناسب و کنترل شده در جهت کاهش تبخیر و تلفات آبی یکی از سیستمهای مدیریتی در جهت مصرف بهینه آب می‌باشد. کشت گلخانه‌ای با کاهش تبخیر و افزایش رطوبت محیط، همچنین کاهش تغییرات دمایی در طول دوره کشت، سبب افزایش کیفیت و کمیت محصول به ازای واحد آب مصرفی می‌شود. مدیریت آبیاری و استفاده از شیوه‌های جدید به منظور افزایش بهره‌وری و کاهش تلفات آب در سیستم کشت گلخانه‌ای مهم و ضروری بوده و پیشنهاد می‌گردد؛ تحقیقات برای تعیین نیاز آبی گیاهان متفاوت برای کشت گلخانه‌ای در هر منطقه صورت گیرد.

در شرایطی که آب با کیفیت مطلوب وجود ندارد؛ احداث گلخانه‌ها با تامین آب با کیفیت نظیر استفاده از آب شیرین‌کن‌ها، انتقال آب با کیفیت خوب و تلفیق با آب با کیفیت پایین انجام می‌گیرد. در این صورت برآورد دقیق میزان آب لازم، در برنامه‌ریزی، سرمایه‌گذاری اولیه و بررسی اقتصادی طرح بسیار موثر است.

همان‌طور که گفته شد در سال‌های اخیر کشت در گلخانه‌ها و یا محیط‌های کنترل شده که در شرایط آب و هوایی متنوع، استفاده از منابع آب و خاک را با کارایی بالا مقدور می‌سازد؛ مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به بحران آب در کشور، کشت در محیط‌های کنترل شده، با سرعت در حال گسترش است و سرمایه‌گذاری‌های زیادی در این زمینه انجام شده است. بنابراین اعمال روش‌های مدیریت صحیح آبیاری و استفاده از تمامی ظرفیت سیستم‌های آبیاری برای استفاده بهینه از منابع آب و خاک و سایر نهاده‌ها نظیر کود در پرورش محصولاتی با کمیت و کیفیت بالا ضروری است. ایجاد گلخانه‌ها برای تولید محصولات کشاورزی به

دلیل امکان کنترل عوامل تاثیرگذار محیطی همچون تغییرات دمایی، جلوگیری از پدیده‌های سرمازدگی و گرمازدگی، استفاده بهینه از منابع آب و خاک، امکان کاربرد مناسب کود و سم و در نهایت تولید در خارج از شرایط زمانی، جایگاه ویژه‌ای به این نوع از تولید داده است.

فصل سوم

کشت نشائی در گلخانه‌ها

مقدمه:

آب از مهم‌ترین نهاده‌های تولید کشاورزی در ایران است و بخش کشاورزی عمده‌ترین بخش مصرف‌کننده آب در ایران است. بطوریکه از۱۸± ۱۰۶ میلیارد مترمکعب منابع آب تجدید پذیر کشور، حدود ۵± ۷۵ میلیارد مترمکعب (حدود ۷۱ درصد) آن در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۴). از طرفی محدودیت منابع آب در کشور، خشک‌سالی‌های اخیر و برداشت‌های بیش از اندازه از منابع آب زیرزمینی، باعث شده است که بیش از ۵۰ درصد دشت‌های کشور جزء مناطق ممنوعه و بحرانی باشد؛ بنابراین لزوم استفاده بهینه و مناسب از منابع محدود آب بیش‌ازپیش ضروری است. استفاده از کشت‌های گلخانه‌ای، با توجه به محدودیت منابع آب، رشد جمعیت و با هدف افزایش تولید و تأمین مواد غذایی مناسب است که این امر باعث افزایش بهره‌وری استفاده از آب‌وخاک خواهد شد. در تولید محصولات کشاورزی بایستی از فنّاوری‌های استفاده شود که میزان آب مصرفی محصول تا حد امکان کاهش‌یافته و کاهش معنی‌دار عملکرد نداشته باشیم. از طرفی با توجه به اینکه در آبیاری‌های اولیه در شرایط مزرعه، حجم زیادی از آب جهت سبز شدن محصول بکار برده می‌شود کشت نشایی و سبز کردن محصول در گلخانه می‌تواند در کاهش آب مصرفی در مزرعه مؤثر باشد.

روش‌های کشت محصول

کشت معمولاً به دو صورت مستقیم و نشایی صورت می‌گیرد؛ که هر کدام دارای یکسری مزایا و معایب است.

الف: کشت مستقیم

کاشت مستقیم، قرار دادن مستقیم بذر یا پیاز (اندام تکثیر شونده گیاه) در زمین است. کشت مستقیم دارای یکسری مزایا به شرح ذیل است.

- ✓ هزینه اولیه کمتری دارد.
- ✓ کشت مستقیم بسیار ساده است و برای تمامی کشاورزان قابل‌اجراست
- ✓ در صورت کشت مکانیزه، مدت‌زمان کمی نیاز دارد.

معایب کشت مستقیم به شرح ذیل است.

- ✓ کشت مستقیم منجر به بد سبزی و یکنواخت نشدن بوته‌ها در مزرعه می‌شود. از دلایل بد سبزی درکشت مستقیم، نامساعد بودن بستر کشت است که باعث می‌شود تعداد زیادی از بذرهای کاشت شده بعد از جوانه زدن نتوانند خود را به سطح خاک برسانند و یا ظهور آن‌ها با تأخیر انجام گیرد.
- ✓ درکشت مستقیم، برای رسیدن به تراکم مناسب معمولاً از میزان بذر مصرفی بیشتری استفاده می‌شود. این امر منجر می‌شود که چندین بوته در کنار هم سبز شوند که نهایتاً منجر به رقابت بوته‌ها برای جذب آب، مواد غذایی و نور می‌شود و معمولاً بوته‌های تولیدشده در چنین وضعیتی باریک و ضعیف هستند و این گیاهان به دلیل عدم تهویه مناسب، بیشتر مستعد بیماری می‌شوند و عملکرد بسیار پایین‌تری هم دارند.
- ✓ به‌طورمعمول در کشت مستقیم، بازدهی مصرف آب (به علت انجام آبیاری‌های سنگین اولیه)، سم، کود، زمین کشاورزی پایین است.
- ✓ در کشت مستقیم، امکان برداشت پیش از موعد محصول وجود ندارد.
- ✓ در محصولاتی چون خیار و گوجه‌فرنگی، کشت مستقیم معمولاً به این صورت است که بذر زیر پلاستیک کشت می‌شود و همین امر باعث افزایش هزینه اولیه می‌شود.

ب: نشاکاری (کشت نشایی)

نشاکاری به پرورش گیاهان کوچک در ظروف یا سینی‌های کشت خاص یا نواحی خاصی از مزرعه (خزانه) گفته می‌شود که این گیاهان قرار است در آینده به مکان دیگری (مزرعه) منتقل شوند. به زبانی دیگر: نشاکاری یعنی کشت بذر در مکانی به‌جز مزرعه اصلی و انتقال و جابجایی گیاهچه کوچک چند برگی به محل اصلی برای ادامه رشد تا حصول محصول است؛ بنابراین می‌توان گفت، انتقال و کاشت گیاهچه کوچک چند برگی از گلخانه یا خزانه به مزرعه اصلی را نشاکاری یا کشت نشایی می‌گویند.

روش‌های تولید نشاء

نشاءها به دو روش سنتی و گلدانی تولید می‌شوند که در روش سنتی تولید نشاء، کشت بذر به‌صورت دستی در بسترهای از پیش تهیه‌شده انجام می‌شود و بعد از سبز شدن گیاه، زمانی که نشاها به‌اندازه کافی بزرگ‌شده باشند هر کدام از آن‌ها به‌طور جداگانه به مکان اصلی رشد (ظروف بزرگ‌تر یا مزرعه) منتقل می‌شوند. از مشکلات این روش می‌توان به هزینه بالا و احتمال پوسیدگی ریشه و رشد ناهماهنگ آن‌ها در مزرعه (به دلیل آسیب به ریشه‌ها و شوک به نشاءها) اشاره نمود.

در نشاء گلدانی بذرها در تک‌تک سلول‌های سینی کاشته می‌شوند. در این روش پس از جوانه‌زنی بذرها و سبز شدن، نشاءها تا زمان رشد مناسب در داخل ظرف کوچک خود رشد می‌کنند. برای انتقال این نشاءها، بدون هیچ‌گونه صدمه‌ای به نشاء، آن را از داخل ظرف بیرون آورده و به مزرعه یا محل اصلی رشد گیاه منتقل می‌شود (خواجه حسینی و همکاران،۱۳۹۴). معمولاً انتقال نشاء به مزرعه ممکن است به‌صورت دستی و یا استفاده از ماشین‌های نشاء کار صورت گیرد.

روش‌های تولید نشاء به‌صورت تجاری به‌صورت زیر می‌تواند انجام شود.

- ✓ تولید نشاء در زمین یا مزرعه
- ✓ تولید نشاء در شاسی سرد
- ✓ شاسی گرم و زیر سایبان
- ✓ تولید نشاء در شرایط گلخانه‌ای
- ✓ تولید نشاء به‌صورت شناور
- ✓ تولید نشاء ارگانیک روش تولید نشاء در سامانه‌های بسته
- ✓ تولید نشاء با استفاده از اندام‌های رویشی

مزایای کشت نشایی

۱- ایجاد شرایط محیطی بهینه برای جوانه‌زنی بذر، ایجاد فرصت مناسب برای آماده‌سازی زمین پس از برداشت محصول قبلی و اجتناب از کشت بذور در خاک‌های آلوده به بیماری‌های بذر زاد

۲- با حذف حداقل ۲ آبیاری اولیه می‌توان میزان آب مصرفی را بین ۱۰ تا ۱۵ درصد کاهش داد.

۳- زودرسی محصول به میزان ۱ تا ۳ هفته و افزایش معنی‌دار در استقرار و زودرسی گیاه (تولید محصول نوبرانه)

۴- کاهش محسوس میزان علف هرز و کاهش نیاز به نیروی انسانی به علت حذف عملیات وجین و تنک کردن (کاهش هزینه تولید)

۵- اجتناب از سرمازدگی زودرس در کشت بهاره

۶- افزایش میزان محصول به میزان ۱۵ تا ۲۰ درصد به علت تداخل نداشتن آبیاری‌های ابتدای دوره با کاشت های پاییزه به‌ویژه در مناطق کم آب و تراکم مناسب بوته

۷- کاهش نیاز به استفاده از سموم علف‌کش و آفت‌کش و در نتیجه کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از مواد شیمیایی

معایب کشت نشائی

۱-اگرچه هزینه کلی کشت مستقیم بیشتر از هزینه کشت نشایی است ولی هزینه اولیه کشت نشایی بیشتر است.

۲-نیاز به استفاده از ماشین آلات خاص نشاکاری است.

۳-در مرحله انتقال نشا به مزرعه، نیاز به نیروی کارگری بیشتری نسبت به کشت مستقیم بذر است

۴-درصورتی‌که نشاء از گلخانه مورد اطمینان تهیه نشود، این ریسک وجود دارد که نشا از نوع رقم موردنظر نباشد یا اینکه نشاء حامل بیماری‌های خطرناک مانند بوته میری و حتی ویروس باشد.

گروه‌بندی گیاهان ازنظر سازگاری به کشت نشایی

- ✓ گروه اول نشاکاری متداول که معمولاً در طی نشاکاری به‌خوبی زنده می‌مانند: شامل کلم، گوجه‌فرنگی، کاهو، گل‌کلم و چغندر است.
- ✓ گروه دوم شامل کرفس، بادمجان، پیاز و فلفل است.

- ✓ سومین گروه شامل گونه‌هایی است که نشاکاری آن‌ها دشوار است و شامل لوبیا، ذرت، خیار و هندوانه است. سهولت جایگزینی ریشه به‌شدت به بقای نشا بستگی دارد. سوبریزاسیون (چوبی شدن) و تشکیل کوتین در لایه اندودرمی، از تشکیل ریشه ممانعت کرده و جذب آب ریشه پس از نشاکاری کاهش می‌یابد. گونه‌هایی که نشاکاری آن‌ها مشکل است مقدار بیشتری سوبریزاسیون دارند.

-بسترهای کاشت:

بسترهای کشت معمولاً به‌صورت بسترهای خاکی و بسترهای غیرخاکی تقسیم می‌شوند؛ که درکشت مکانیزه بسترهای خاکی توصیه نمی‌شوند. بسترهای غیرخاکی شامل:

الف :شامل ترکیبی از بسترهای کوکوپیت، پرلیت، اسفاگنوم پیت ماوس، ورمتی کولیت، راک وول و انواع کمپوست‌های آلی است. استفاده از محیط کشت استریل و عاری از حشرات، بیماری‌ها، نمادها و بذر علف‌های هرز از ضروریات است.

ترکیب این‌گونه محیط کشت‌ها شامل اسفاگنوم پیت ماوس، پرلیت، ورمی کولیت از ترکیبات نگه‌دارنده رطوبت هستند. باید مخلوطی را انتخاب کرد که علاوه بر زهکش مناسب، بتواند تهویه را به‌خوبی برای ریشه‌ها فراهم ساخته و قابلیت نگهداری رطوبت آن در حد مناسب باشد .برای تولید نشاء سبزی، محیط‌های کشت دانه‌ریز پرلیت، ورمی کولیت و پیت ماوس به دلیل چسبندگی بهتر به بذر و حفظ رطوبت مناسب ایده آل است. عمده‌ترین محیط کشت نشاها، پیت ماس است. پیت ماس ها در رنگ‌ها و جنس‌ها و بافت‌های مختلفی رده‌بندی می‌شوند. اغلب پیت‌ماس‌ها دارای وزن کمی هستند و تا ۲۰ برابر وزن خود آب جذب می‌کنند و به‌تدریج آن را در اختیار گیاه قرار می‌دهند. همچنین دارای اسیدیته خنثی و EC متعادل هستند.

ب :آب‌کشت: تولید نشاء به روش آب‌کشت برای تولید خیلی از محصولات ازجمله نشاء سبزی‌ها مرسوم نیست اما برای برخی محصولات از قبیل توتون به‌صورت تجاری استفاده می‌شود.

ظروف کشت نشاء

الف: جنس ظروف کشت نشاء

ظروف کاشت مورداستفاده در تولید نشاء بسته به فنّاوری تولید و عوامل اقتصادی منطقه می‌تواند متفاوت باشند جنس مواد سازنده سینی‌ها بسیار متفاوت است. انواع گلدان، جعبه‌ها یا سینی‌های کاشت پیتی، سفالی، فیبری، استیروفومی و پلاستیکی همگی می‌توانند در تولید نشاء استفاده شوند.. کیفیت هرکدام از آن‌ها بستگی به

استحکام موردنیاز تولیدکننده دارد. امروزه بیشتر نشاها را در سینی‌های پلاستیکی و پلی استیرنی پرورش می‌دهند .سینی‌های نشایی که دارای تعداد مشخصی حفره و با حجم مشخص هستند و برای تولید نشاء توپی از آن‌ها استفاده می‌شود از رایج‌ترین و اقتصادی‌ترین ظروف نشاء هستند. سینی‌هایی که اندازهٔ خانهٔ آن‌ها حدود ۴ سانتی‌متری است، عموماً دارای ۱۲۸ خانه هستند و آن‌هایی که دارای خانه‌های ۶ سانتی‌متری دارند، تقریباً دارای ۱۲۲ خانه هستند. جنس مواد سازندهٔ سینی‌های نشاء بسیار متفاوت است و از سفال گرفته تا استیروفوم و پلاستیک می‌تواند متغیر باشد .کیفیت هرکدام از آن‌ها بستگی به استحکام موردنیاز تولیدکننده دارد .برای تولید تجاری نشاء و کاهش هزینه‌ها استفاده از سینی‌های ساخته‌شده از موادی غیر از استیروفوم یا پلاستیک توصیه نمی‌شود .در سینی‌های کهنه به دلیل وجود ترک‌های ریز، مواد غذایی و یا عوامل بیماری‌زا نفوذ می‌کنند و درنهایت باعث رشد غیریکنواخت نشاها می‌شوند .در مقایسه با سینی‌های پلاستیکی سینی‌های استیروفوم گران‌تر بوده، محیط رشد را جدا کرده، رشد نشاء را به تأخیر انداخته و باعث افزایش تشکیل جلبک و شیوع بیماری‌ها می‌شوند. با توجه به موارد فوق سینی‌های پلاستیکی نسبت به سایر مواد مناسب‌ترند و در حال حاضر نیز بیشتر مورداستفاده قرار می‌گیرند.

شکل ۱: نمونه هائی از سینی‌های کشت نشائی

ب-رنگ و اندازه حفره سینی نشاء

سینی‌هایی که رنگ تیره‌تری دارند گرمای بیشتری جذب کرده و رشد نشاء در آن‌ها سریع‌تر از سینی‌های رنگ روشن است. استفاده از سینی‌های دارای حفره‌های کوچک، هزینه تولید و همچنین اندازهٔ نشاء را کاهش می‌دهد اما به دلیل این‌که نشاهای تولیدی در این خانه‌های کوچک، سیستم ریشه‌ای کوچکی دارند و در زمان

بیرون کشیدن نشاء سطح مشترک بیشتری از ریشه -خاک در آن‌ها به هم می‌خورد، زودرسی و کیفیت نشاء را کاهش می‌دهند.

هرچه سینی عمیق‌تر باشد، حجم بیشتری خواهد داشت و بنابراین آب و کود بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد .در سلول‌های عمیق‌تر رشد سریع‌تر بوده و تعداد دفعات آبیاری نیز کمتر از سلول‌های کم‌عمق است اما برای این‌که تمام محیط کشت خیس شود نیاز به آب بیشتری است .برای افزایش یکنواختی هرگز نباید سینی‌های کم‌عمق و عمیق، یا سینی‌هایی بارنگ‌های متفاوت را برای تولید یک نوع نشاء به کاربرد.

با افزایش عمق سلول سینی حجم سلول‌ها نیز افزایش‌یافته و بنابراین آب و کود بیشتری را می‌تواند در خود جای‌داده و در اختیار گیاه قرار دهد. در این سلول‌ها رشد سریع‌تر انجام‌شده و تعداد دفعات آبیاری نیز نسبت به سلول‌های کم‌عمق کمتراست، البته برای اینکه تمام محیط کشت خیس شود باید مقدار آبیاری را افزایش داد تا تمام محیط کشت تا پایین سلول رطوبت جذب کرده و خیس شود و درنتیجه رشد ریشه افزایش یابد.

اندازه مناسب سلول سینی نشاء

اندازه سلول‌ها بر عملکرد نشاء در مزرعه و به‌خصوص در زودرس کردن محصول تأثیرگذار است. استفاده از سلول‌های بزرگ‌تر و افزایش فضای رشد برای نشاء، باعث می‌شود تا ریشه‌ها بدون اینکه به دورهم بپیچند نشای مسن‌تر و بالغ‌تری را تولید کنند. معمولاً سلول‌های بزرگ‌تر باعث بلوغ زودتر نشاها می‌شوند، اما در عوض فضای بیشتری را در گلخانه اشغال کرده و هزینه آن‌ها بیشتر است. برای افزایش تولید یکنواخت هرگز نباید از سینی‌های کم‌عمق و عمیق، یا سینی‌هایی با رنگ متفاوت برای تولید یک نوع نشاء استفاده نمود. بلکه بایستی از سینی‌های یکنواخت استفاده نمود. همچنین حجم سینی با گیاهان کشت‌شده در آن‌ها متناسب باشد.

جدول ۱: ویژگی‌های سینی‌های نشاء مورداستفاده جهت تولید سبزی‌ها

محصول	حجم خانه‌ها	تراکم گیاه	تعداد خانه‌ها
گوجه‌فرنگی زودرس، جالیزی	۱۷۱	۱۴	۲۴
گوجه‌فرنگی زودرس، جالیزی	۱۰۶	۲۳	۳۸
گوجه‌فرنگی زودرس، جالیزی	۶۶	۳۱	۵۰
فلفل زودرس، کلم‌های زودرس، جالیزی زودرس	۴۳	۴۷	۷۲
گوجه‌فرنگی، فلفل، کلم‌ها	۲۳	۷۸	۱۲۸

فلفل آخر فصل، کلم‌ها	۱۱	۱۲۲	۲۰۰
گوجه‌فرنگی جهت فرآوری، پیازهای درشت	۷۰	۱۷۵	۲۸۸

پر کردن سینی‌های نشا

پر کردن سینی نشاءها در سطح کم با دست و صرف نیروی کارگری امکان‌پذیر است ولی در سطوح زیاد، ماشین‌هایی وجود دارد که به‌صورت نیمه‌خودکار یا تمام‌خودکار این کار را انجام می‌دهند. سینی‌ها باید طوری پر شوند که خانه‌های سینی نشاء بعد از صاف کردن سطح سینی، قابل‌تشخیص و خانه‌ها قابل روئیت باشند (شکل ۲).

شکل ۲: نمائی از سینی نشاء پرشده

پس از پر کردن خانه‌های سینی، آبیاری سینی نشاء بایستی طوری انجام شود که خاک درون خانه‌های سینی نشاء کاملاً جابجا شده و رطوبت اولیه موردنیاز بذر تأمین شود. بعد از انجام آبیاری اولیه، سینی‌ها برای کشت آماده هستند که بذرکارهای نیمه‌خودکار و تمام‌خودکار کشت بذر در سینی‌های نشاء را با سرعت زیاد انجام می‌دهد. در سطوح کم معمولاً کشت نشاء با دست انجام می‌شود که در این حالت بذور را در سطح خاک قرار داده و با انگشت دست کمی به سمت پایین فشار می‌دهند تا تماس بذر با خاک به‌خوبی حاصل شود در این حالت عمق کاشت حداکثر ۵ میلی‌متر است.

بعد از کشت بذر، با همان ترکیبی که برای پر کردن سینی نشاء استفاده‌شده است در حد ۲ تا ۳ میلی‌متر سطح بذر را بپوشانید. سپس آبیاری سینی نشا باید انجام شود. برای آبیاری سینی‌ها در گلخانه‌ها معمولاً از سامانه‌های آبیاری تحت‌فشار، مه پاش‌ها استفاده می‌شود.

شکل ۳: سینی‌های نشاء در گلخانه

تولید نشاء در شرایط گلخانه‌ای:

سیستم تولید نشاء در شرایط گلخانه‌ای، در حال حاضر بیش از دیگر روش‌ها در بین نشاء کاران معمول است و با موفقیت مورداستفاده قرار می‌گیرد. که دارای مزایای زیر است.

- ✓ تولید سریع‌تر و یکنواخت‌تر نسبت به تولید نشاء در فضای آزاد
- ✓ مدیریت بهتر آبیاری و تغذیه
- ✓ قابلیت نگهداری نشاها در گلخانه تا زمان موردنیاز
- ✓ استفاده بهینه و یکنواخت از فضای گلخانه به علت استفاده از ظروف کشت
- ✓ قابلیت تولید گیاهانی سالم، ضخیم و با ارتفاع مناسب
- ✓ توانایی استقرار بهتر نشاهای حاصله نسبت به نشاهای فضای آزاد
- ✓ زودرسی نسبت به نشاهای فضای آزاد

- توانایی استقرار بهتر نشاهای حاصله نسبت به نشاهای فضای آزاد
- زودرسی نسبت به نشاهای فضای آزاد

در سیستم تولید گلخانه‌ای نشاء از ریل‌های آلومینیومی به شکل T به نحوی استفاده می‌شود که اطراف ظروف حاوی نشاء روی آن قرار می‌گیرد (سیستم ریلی). سینی‌های نشاء با دست یا ماشین پر می‌شوند و کاشتن بذرها به‌وسیله دست یا به‌وسیله ماشین‌های مکنده‌ای است که تنها یک بذر را در هر خانه قرار می‌دهند. از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های تولید نشاء در شرایط گلخانه‌ای، تولید نشای توپی است. روش تولید نشاء گلخانه‌ای با استفاده از سینی‌های توپی یکی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین روش‌های تولید نشاء گلخانه‌ای است که در ادامه به‌طور کامل موردبررسی قرار می‌گیرد.

فن‌های تولید نشاء:

- ✓ پرورش نشای ارگانیک
- ✓ پرورش نشاء در سامانه‌های تحت شرایط کنترل‌شده(گلخانه)
- ✓ تولید نشاء با استفاده از اندام‌های رویشی
- ✓ تولید نشاء از طریق قلمه
- ✓ تولید نشا از طریق پیوند
- ✓ پرورش نشاء از طریق کشت بافت به‌عنوان سیستم نوین تولید

روش تولید نشاء در سینی‌های توپی

امروزه گرایش زیادی به تولید سبزی و گیاهان زینتی در سینی‌های توپی وجود دارد. در این روش تولید نشاء، بذرها به‌صورت جدا از هم و در سلول‌های کوچک سینی‌های نشاء کاشته می‌شوند و تولید تک دانهال های بذر یکنواخت، جایگزین کاشت آن‌ها در سینی به‌صورت دست پاش و انتقال دستی آن‌ها به زمین اصلی شده است. در این روش تولید نشاء به خاطر اینکه در زمان کاشت نشاء ریشه‌ها بدون آسیب و دست‌نخورده باقی می‌مانند گیاه با شوک کمتری مواجه خواهد شد. همچنین در این روش نیروی کار موردنیاز برای مخلوط و استریل کردن خاک، پر کردن سینی‌ها، بیرون کشیدن نشاها و ... نیز کاهش می‌یابد و از سوی دیگر امکان افزایش

استفاده از مکانیزاسیون در آن وجود دارد. تولید در توپی هم‌زمان راندمان کار و مراحل پیچیده تولید را نیز افزایش می‌دهد.

به خاطر جدا بودن سلول‌ها در این روش تولید نشاء، رقابت در میان گیاهان کاهش‌یافته و یکنواختی بیشتری در آن‌ها دیده می‌شود. در این روش ریشه‌ها در هنگام بیرون کشیدن از درون سلول‌ها آسیب نمی‌بینند و استقرار آن‌ها در مزرعه بهتری خواهند بود.

سن نشاء و برنامه کاشت

بر اساس اندازه سلول‌های سینی نشاء و همچنین نوع گیاه می‌توان نشاء را تا سنین مختلف در سینی نگهداری کرد. به‌طورمعمول در سلول‌های بزرگ‌تر می‌توان نشاهای بزرگ‌تر و بالغ‌تری پرورش داد. سلول‌های بزرگ باعث زودرسی محصول نسبت به سلول کوچک‌تر می‌شوند البته عملکرد نهایی در هر دو تقریباً یکسان است.

نوع بذر و جوانه زدن آن

همیشه باید سعی نمود که از بذر مناسب در تولید نشاء استفاده نمود، چون در مقایسه با هزینه‌های تولید هزینه بذر بسیار ناچیز است درحالی‌که تأثیر آن در عملکرد نهایی بسیار چشمگیر است، همچنین از بذری که خود، سال قبل برداشت کرده‌اید نباید برای کشت استفاده کنید چون این بذرها عملکرد یکنواختی نخواهند داشت و به گیاه اصلی شبیه نخواهند شد و از طرفی ممکن است این بذور آلوده به بیماری باشند و هزینه سنگینی را به شما تحمیل کنند.

دستگاه بذرکار

دستگاه بذرکار، بایستی مشخصات زیر را داشته باشد.

- ✓ کار با دستگاه بذرکار آسان باشد
- ✓ دستگاه توانایی کار کردن با اندازه‌های مختلف سینی را داشته باشد.
- ✓ دستگاه بایستی قابلیت کاشت بذرهای ساده و پوشش‌دار را داشته باشد.
- ✓ دستگاه بتواند که تعداد سینی‌های بیشتری در هرروز بکارد.

انواع دستگاه بذرکار

- ✓ **بذرکار صفحه‌ای مکنده:** این دستگاه در هر ساعت می‌تواند ۵۰ تا ۸۰ هزار بذر بکارد، این نوع بذرکار برای بذرهای پوشش‌دار و آن‌هم در سطح کوچک مناسب است.

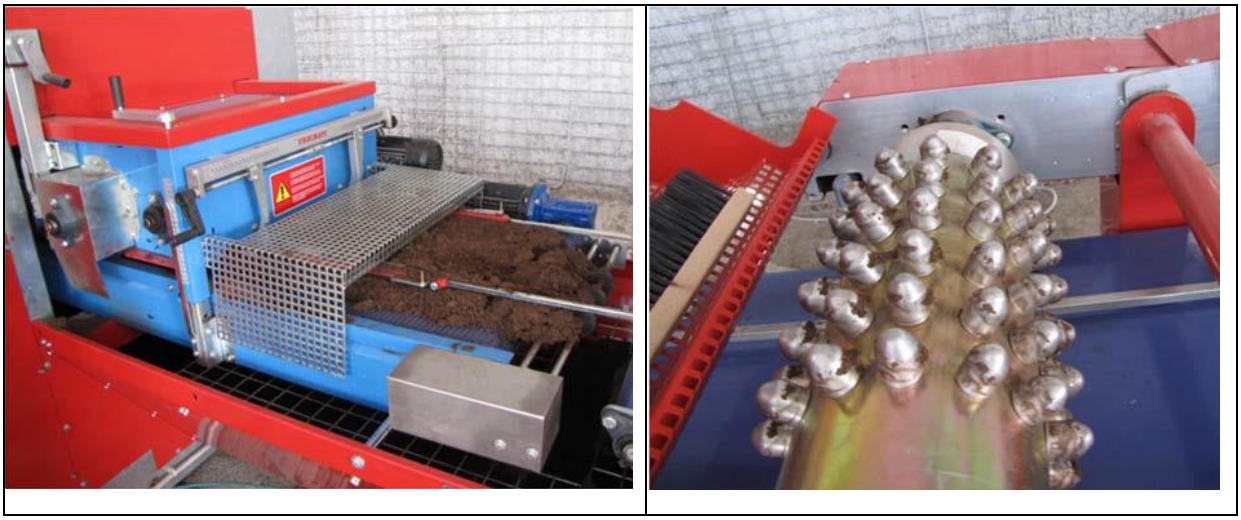
- ✓ **بذرکار سوزنی:** این دستگاه قادر است ۵۰ تا ۸۰ هزار بذر را در هر ساعت بکارد و برای انواع بذور (ساده یا پوشش‌دار) مناسب بوده و می‌توان از آن در سطوح متوسط تا وسیع استفاده نمود.
- ✓ **بذرکار استوانه‌ای:** می‌تواند بیش از ۲۵۰ هزار بذر در ساعت بکارد. این دستگاه برای بذور پوشش‌دار مناسب است و می‌توان از آن در سطوح متوسط تا وسیع (بذرهای باید پوشش‌دار باشند) است.

چگونگی کاشت و پوشاندن بذر در سینی

ابتدا بایستی، سینی‌ها را به‌وسیله محیط کشتی که قبلاً آماده و مرطوب نموده‌اید پرکرده و سپس کمی آن را فشار دهید تا سطح یکنواختی برای کاشت بذر آماده شود. سینی های کشت را می‌توان با بسترهای انتخابی کشت با دست یا بصورت مکانیزه پر کرد. استفاده از کارگر برای پر کردن دستی سینی در حجم کم امکانپذیر است اما برای تولید کننده های عمده نشاء لازم است این کار بصورت مکانیزه و ماشینی صورت گیرد (شکل ۵ و ۶).بعد از پرکردن سینی‌ها بصرت دستی یا مکانیزه انجام خواهد شد. پس از کاشت بذرها با استفاده از ورمیکولیت روی آن‌ها را بپوشانید. توجه داشته باشید که سینی‌های حاوی بذر را قبل از انتقال به اتاقک جوانه‌زنی باید آبیاری شوند.

شکل ۴: نمونه‌ای از سینی‌های آماده جهت کشت بذر

شکل ۵: پرکردن و فشرده سازی دستی سینی های کشت (عابدی، ۱۳۹۵)



شکل ۶: دستگاههای پر کن و فشرده سازی مکانیزه سینی های کشت(عابدی، ۱۳۹۵)

اتاقک رشد

اتاقک رشد یا اتاقک جوانه‌زنی، محیطی بسته است که می‌توان دما، رطوبت نسبی و نور را در آن به‌طور دقیق کنترل نمود. هدف کلی این است که فرآیند جوانه‌زنی در یک محیط محدود صورت پذیرد تا علاوه بر کاهش هزینه‌هایی مثل گرم کردن یک گلخانه بزرگ، بتوانیم عوامل تعیین‌کننده را به‌صورت دقیق تأمین نموده و ریسک تولید را نیز کاهش‌یافته و به‌طورکلی بهره‌وری را به حداکثر برسانیم. چنانچه دما خیلی بالا رود، تفاوت بین بذرها خود را بیشتر نشان داده و باعث غیریکنواختی در جوانه‌زنی و رشد نشاءها می‌شود .دمای بهینه و زمان مناسب برای جوانه‌زنی محصولات مختلف متفاوت است (جدول ۲).

جدول ۲: دامنه دمایی و زمان لازم برای جوانه‌زنی بذر سبزی‌های نشایی

محصول	دمای جوانه‌زنی (درجه سلسیوس)	تعداد روز
گوجه‌فرنگی	۲۱-۲۴	۳-۴
فلفل	۲۶-۲۸	۴-۶
کلم‌ها	۱۸-۲۴	۲-۳
جالیزها	۲۴-۳۰	۲-۳
پیازها	۱۸-۲۴	۳-۴

کنترل رطوبت و دما در اتاقک رشد

برای اینکه رطوبت نسبی و دما در این اتاقک‌ها به‌صورت یکنواخت توزیع شوند باید جریان هوا را نیز کنترل نمود که این موضوع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چنانچه دما خیلی بالا رود، تفاوت بین بذرها خود را بیشتر نشان داده و باعث غیریکنواختی در جوانه‌زنی و ریشه دانهال ها می‌شود.

درزمانی که سینی‌ها در اتاقک رشد هستند باید دائماً تحت نظر باشند زیرا بذرهای مختلف در زمان‌های متفاوتی جوانه می‌زنند و پس از شکافتن پوسته بذر و شروع ظهور جوانه‌ها، باید سینی‌ها را به گلخانه انتقال داد، در غیر این صورت جوانه‌ها بیش‌ازحد طویل می‌شوند. زمان قرارگیری در اتاقک‌های جوانه‌زنی فقط ۲-۳ روز است.

جوانه‌زنی بذر و مراقبت از دانهال

به دست آوردن بالاترین درصد جوانه‌زنی از بذرها اهمیت زیادی دارد. اهمیت آن زمانی بیشتر است که بخواهیم بذرها در شرایط سرد جوانه‌زنی داشته باشند. عواملی مؤثر در جوانه‌زنی بذر شامل: دما، رطوبت، اکسیژن و نور (فقط در مورد برخی از بذور) است.

کنترل شرایط محیطی گلخانه جهت تولید نشاء مناسب:

در تهیه نشای گلخانه‌ای بایستی سعی شود یک نوع نشاء در گلخانه پرورش داده شود. چون شرایط مناسب برای پرورش یک نوع نشاء ممکن است برای محصول دیگر مناسب نباشد. لازم به ذکر است که از زمان جوانه‌زنی بذر تا پس از مقاوم‌سازی نشاها و قبل از انتقال به مزرعه پرورش نشاء نامیده می‌شود؛ زیرا نشاهای گیاهان مختلف واکنش‌های متفاوتی به دما دارند (جدول ۳). به‌عنوان‌مثال برخی محصولات نظیر گوجه-

فرنگی، فلفل، بادمجان و جالیزی‌ها (سبزی‌های فصل گرم) نسبت به دماهای پایین حساس هستند. اگر این محصولات در دمای بین ۰ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت طولانی قرار گیرند، دچار سرمازدگی می‌شوند. دمای حداقل گلخانه برای گیاهان حساس بایستی در حد ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گیرد. جهت کنترل ارتفاع نشاها، بایستی اختلاف دمای روز و شب در حد ۵-۴ درجه سانتی‌گراد باشد.

جدول ۳: دامنه دمای بهینه برای تولید نشاء برخی محصولات گلخانه‌ای

محصول	دمای روزانه (°C)	دمای شبانه (°C)
فلفل	۲۱-۱۸	۱۸-۱۲
پیازها	۱۸-۱۶	۱۵-۸
کلم‌ها	۱۸-۱۲	۱۵-۸
گوجه‌فرنگی	۲۱-۱۸	۱۸-۱۰
جالیزی‌ها	۲۴-۲۱	۱۸-۱۲

از عوامل مؤثر دیگر در جوانه‌زنی بذر میزان رطوبت است و مقدار این آب به عوامل زیر بستگی دارد:

- وضعیت پوسته بذر: به‌عنوان‌مثال بعضی از بذور به خاطر منافذ سطحی خود آب بیشتری جذب می‌کنند.
- فراهم بودن آب: اگر میزان آب موجود در بستر کمتر از حد نرمال باشد جذب آب کاهش‌یافته و اگر بیش‌ازحد باشد جوانه‌زنی با مشکل مواجه خواهد شد.
- ترکیب شیمیایی بذر: به‌عنوان‌مثال بذور پروتئینی به جذب مقدار بیشتری آب برای جوانه‌زنی نیاز دارند. درواقع آب باعث فعال شدن آنزیم‌هایی می‌شود که خود باعث تجزیه مواد شده و این مواد تجزیه‌شده از بافت ذخیره‌ای به محور جنین انتقال‌یافته و ترکیبات شیمیایی جنین را می‌سازند.

بر اساس نوع و حجم سلول، بستر کشت، تهویه گلخانه و شرایط آب و هوایی مقدار و دفعات آبیاری نیز تغییر می‌کند. آبیاری مداوم و مرطوب نگه‌داشتن کل سلول، باعث تحریک به رشد و گسترش ریشه در کل سلول می‌شود. درصورتی‌که آبیاری به‌صورت پیوسته صورت نگیرد ریشه‌ها در بالای سلول تجمع خواهند یافت. قبل از هر آبیاری باید تا حدی که نشاءها پژمرده نشوند اجازه دهیم تا بستر کشت خشک شود. البته آبیاری زیاد هم ممکن است باعث رشد آفت و بیماری‌های قارچی در محصول شود.

بهتر است آبیاری سینی‌های نشاء را صبح انجام داد زیرا آبیاری در هوای گرم ممکن است باعث سوختگی گیاه شود و آبیاری در عصر هم ممکن است باعث خیس ماندن گیاهان در طول شب شده و درنتیجه آن بیماری‌ها افزایش خواهند یافت. چنانچه از آبیاری بارانی استفاده می‌شود بهتر است میزان خروجی آبپاش‌ها کنترل شود و هرازگاهی نازل‌های آب را باز و بسته کرد تا همگی خروجی یکنواختی داشته باشند.

تغذیه نشاءها:

تغذیه نشاء و کود دهی به نشاء قبل از انتقال آن به زمین اصلی از عوامل بسیار تأثیرگذار در افزایش عملکرد محصول است. برخی از کشاورزان به این اعتقاددارند که استفاده از نشاء قوی و سالم باعث می‌شود که گیاه در زمین اصلی با هیچ مشکلی مواجه نشده و درنهایت عملکرد بالایی به دست خواهند آورد. درحالی‌که اگر نشاء ضعیف باشد در مزرعه ممکن است رشد مناسبی نداشته باشد یا دچار آفت و بیماری‌های بیشتری نسبت به گیاهان سالم در مزرعه شود.

از طرفی بذر مواد غذایی موردنیاز برای جوانه‌زنی را در خود ذخیره دارد که در صورت مناسب شدن شرایط محیطی (رطوبت، نور و دما) جوانه خواهد زد. اگر به هر دلیلی مواد غذایی بذر برای جوانه‌زنی مناسب، کافی نباشد بذر برای جوانه‌زنی با مشکل مواجه خواهد شد و با تغذیه مناسب این کمبود جبران می‌شود و سرعت و کیفیت جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. برای دستیابی به نشاء سالم و قوی علاوه بر محیط رشد مناسب به یک برنامه تغذیه‌ای مناسب نیاز است. با توجه به اینکه حجم خاک هر واحد سینی نشاء خیلی کم است، بنابراین تغذیه نشاءها در مدت‌زمانی که نشاءها در داخل سینی قرار دارند بسیار مهم است. در اولین آبیاری بهتر است از هیومیک اسید مایع استفاده شود، از کودهای فسفر بالا و کود آهن نیز می‌توان استفاده نمود. زمانی که گیاه علاوه بر برگ‌های لپه‌ای ۲ تا ۳ برگ ایجاد کرد می‌توان از کود نیتروژن استفاده نمود، البته باید توجه داشت که مصرف نیتروژن در این زمان باعث تسریع رشد نشاء می‌شود که مدیریت زمان انتقال نشاء و آماده‌سازی زمین اصلی در آن تأثیرگذار است. در طول دوره نشائی ۲ تا ۳ بار از کود روی باید استفاده نمود. از اسیدآمینه علاوه بر مرحله کاشت یک‌بار در میانه رشد نشائی و یک‌بار هم در انتهای مرحله نشائی، سه روز قبل از انتقال به زمین اصلی برای جلوگیری از تنش (شوک به خاطر جابجایی) استفاده شود. کود فسفر بالا (جهت توسعه ریشه) چهارتا پنج بار در طول دوره رشد بهتر است استفاده شود، پتاسیم نیز در اواخر دوره نشائی (یک هفته قبل از انتقال) به میزان خیلی کم برای مقاوم‌سازی گیاه مناسب است. آهن نیز باید یک هفته قبل از انتقال به زمین اصلی استفاده شود. می‌توانیم برخی ریزمغذی‌ها و کود نیتروژن را در دوره نشائی با محلول‌پاشی تأمین کنیم. بهتر است

از کودهای مناسب ریشه‌زایی نیز در تغذیه نشاء سه بار (اول، وسط و انتهای دوره) استفاده شود. برای افزایش قطر، سفت شدن ساقه و پهن شدن برگ‌های نشاء نیز می‌توان پس از مرحله دو تا سه برگی از نیترات کلسیم استفاده کرد. اگر در طول رشد برگ‌ها روبه زردی برود می‌توان از سولفات منیزیم استفاده نمود.

هوا هرس ریشه‌ها

بعدازاینکه سینی‌های نشاء کشت شدند نباید آن‌ها را در سطح زمین قرارداد. قرار دادن سینی‌ها در سطح زمین باعث می‌شود که ریشه بذور سبز شده از طریق منافذ ته سینی‌ها وارد خاک زمین اصلی شده و در هنگام انتقال نشاء به زمین اصلی، نمی‌توان نشاء را از خاک جدا نمود و به‌محض جدا کردن نشاء از سینی خاک از ریشه‌ها جداشده و عملاً نشاءها از بین می‌رود؛ بنابراین بایستی از همان ابتدا سینی‌ها را بافاصله‌ای از زمین قرارداد. ایجاد فاصله بین زمین اصلی و سینی نشاء باعث می‌شود که وقتی ریشه‌ها به انتهای خانه نشاء برسند، موقع خروج در معرض هوا قرا گرفته و از بین می‌روند (اصطلاحاً می‌سوزند)، این عمل هرس ریشه با هوا نامیده می‌شود. در صورت عدم هرس ریشه، ریشه‌ها در خاک نفوذ کرده و جدا کردن نشاء از خانه سینی نشاء با مشکل مواجه می‌شود (شکل ۷).

شکل ۷: هرس ریشه به‌وسیله هوا

شکل ۸ نفوذ ریشه در خاک و عدم جدا شدن نشاء از خانه سینی نشاء به دلیل عدم هرس ریشه

مدیریت آب و آبیاری:

مدیریت آبیاری کلید موفقیت پرورش نشاء است. مدیریت آب در تولید نشاء دربرگیرنده کیفیت آبیاری، دور و حجم، زمان و دمای آب آبیاری است. عوامل کیفی آب شامل میزان قلیائیت، میزان نمک‌ها، نسبت جذب سدیم و یون‌های بر و فلوئورید است که پتانسیل غلظت‌های سمی برای آن‌ها وجود دارد. میزان آب قابل‌دسترس در ظرف‌های نشاء تحت تأثیر اندازه ظرف و شکل هندسی آن، اندازه کرت محیط کشت، میزان آزادسازی رطوبت توسط محیط کشت و عوامل مرطوب‌کننده است که اصولاً با دفعات آبیاری و مقدار آب به‌کاربرده شده در هر آب آبیاری تعیین می‌شود. زمان‌بندی آبیاری نیز تحت تأثیر مرحله رشد محصول، فاصله آبیاری‌ها، حجم آب به‌کاربرده شده و دفعات خشک شدن بستر است. آبیاری نشاها می‌تواند با آبپاش‌های مخصوص نشا که می‌تواند متحرک و ثابت، مه پاش و یا به شکل آبیاری تحتانی صورت پذیرد.

کیفیت آب

کیفیت آب آبیاری در رشد گیاه خصوصاً در مراحل اولیه رشد بسیار اهمیت دارد و اگر آب از کیفیت خوبی برخوردار نباشد بایستی سعی کرد که آب با کیفیت خوب از منبع دیگری تهیه شود. تجزیه کیفی آب بایستی به‌صورت سالانه انجام شود زیرا کیفیت آب ممکن است در طول سال یا در طی سال‌های مختلف تغییر یابد. در

گلخانه بهتر است که قبل از هر آبیاری و قبل از فصل رشد، آنالیز کامل آب انجام شود تا برنامه غذایی بر اساس pH، بیکربنات و مواد غذایی موجود در آب آبیاری تنظیم شود. اسیدیته یا pH مناسب آب آبیاری برای کشت نشاء بایستی بین ۵/۵ تا ۶/۵ باشد، زیرا کودهای میکرو در این محدوده قابلیت استفاده بیشتری دارند. در محلول‌پاشی‌ها نشاءها نیز بایستی pH آب آبیاری کنترل شود. همچنین آب آبیاری در نشاء کاری باید دارای EC مناسبی (کمتر از ۰/۷۵ دسی زیمنس بر متر) داشته باشد.

ویژگی‌های کیفی آب از طریق ایجاد تغییرات در میزان مواد غذایی و اسیدی ته محیط کشت، بر کیفیت نشای تولیدی تأثیر زیادی دارد. کیفیت پایین آب مشکلات زیادی را در تولید نشاء ایجاد می‌کند. برای جلوگیری ازاین‌گونه مشکلات توصیه می‌شود قبل از شروع به تولید نشاء، آزمایش کیفی آب صورت گیرد. در آزمایش کیفیت آب بهتر است چهار ویژگی زیر مشخص شود: ۱- غلظت نمک‌های قابل‌حل ۲- رابطه نسبت سدیم به کاتیون‌های دیگر یا به عبارتی نسبت جذبی سدیم (SAR) ۳- غلظت بور و دیگر عناصر سمی ۴- غلظت بیکربنات کلسیم و منیزیم

بنابراین بایستی توجه داشت که میزان عناصر معدنی، نمک‌های محلول و میزان قلیائیت آب آبیاری در دامنه مناسبی نگه‌داری شود.

جدول ۴: شاخص‌های مهم برای تعیین کیفیت آب آبیاری در تولید نشاء سبزی‌ها ((water quality,1985

شاخص	واحد	مقدار
ضریب هدایت الکتریکی(EC)	دسی زیمنس بر متر	کمتر از۰/۷۵
مجموع مواد جامد محلول ((TDS)	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از۴۸۰
نسبت جذب سدیمی(SAR)		کمتر از۳
میزان کلر	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از۷۰
میزان بور	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از۱
میزان سدیم	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از۴۰
بی‌کربنات۱	میلی‌گرم در لیتر	کمتر از۴۰
pH		بین ۶ تا ۶/۵

عوامل تأثیرگذار در زمان‌بندی آبیاری:

یکی از پیچیدگی‌های مدیریت آب در تولید نشاء استراتژی‌های مختلف مدیریت آب در مراحل مختلف رشد محصول است. تولید تجاری نشاء و تولید در سینی به چهار مرحله تقسیم می‌شود. در مرحله اول تولید در توپی (از کشت بذر تا ظهور ریشه‌چه) بیشترین نیاز توپی‌ها، اشباع ماندن محیط کشت و تماس پایدار بذر و آب است. همین‌که ریشه‌چه در محیط کشت نفوذ کرد، باید آبیاری را کاهش داد تا ریشه‌ها به‌طور مناسب توسعه یابند. در این مرحله (کاشت بذر تا ظهور ریشه‌چه) یا در اتاق جوانه‌زنی مجهز به سیستم مه پاش (رطوبت نسبی نزدیک ۱۰۰ درصد) کامل می‌شود و یا این‌که در صورت امکان نگه‌داشتن یکنواخت رطوبت نسبی در داخل گلخانه صورت می‌پذیرد. استفاده از آبیاری‌های مکرر پوشاندن بذرها با یک‌لایه نازک از محیط کشت، پرلیت یا ورمی کولیت، یا پوشاندن سینی با یک‌لایه سبک‌وزن تا زمان کامل شدن مرحله اول، رطوبت لازم را در سطح بالایی نگه می‌دارد.

مرحله دوم از زمان ظهور ریشه‌چه تا تشکیل برگه‌ای لپه‌ای است. مرحله سوم ظهور برگ‌های حقیقی است و مرحله چهارم مرحله پایانی یا مرحله مقاوم‌سازی است. در برخی موارد مرحله پنجمی هم وجود دارد که شامل انبارداری و نگهداری نشاها در دمای خنک، قبل از نشاء کردن است .خشک نگه‌داشتن شاخ و برگ طی دوره انبارداری از عوامل بیماری‌زای برگی جلوگیری می‌کند .آبیاری تحتانی درطی مرحله پنجم توصیه‌شده است.

آبیاری بیش‌ازحد توپی‌ها عمومی‌ترین مشکلی است که تولیدکنندگان نشاء با آن روبرو هستند .در تولید تجاری نشای توپی دور آبیاری باید کمتر از ۲۴ تا ۴۸ ساعت باشد .خشک شدن سریع محیط کشت امکان نفوذ مجدد هوا در اطراف ریشه‌ها را فراهم می‌کند و ممکن است نیاز به کاربرد بیشتر مواد غذایی ایجاد شود.

حجم آب به‌کاربرده شده بر باقی ماندن کودها در محیط کشت ریشه اثر چشمگیری دارد. بیش‌آبیاری باعث می‌شود که کودهای محلول از محیط ریشه خارج‌شده و نیاز به کودهای محلول در آب را تغییر می‌دهد . غلظت مواد غذایی کودهای محلول در آب در ناحیه ریشه گیاه وابسته به میزان آبشویی است.

روش‌های آبیاری در تولید نشاء:

روش‌های اصلی آبیاری نشاءها شامل: سیستم آبیاری بازوی متحرک، مه پاش‌ها، آبپاش‌های ثابت و آبیاری تحتانی است که هرکدام دارای مزایا و معایبی هستند. لازم به ذکر است که یکنواختی توزیع آب باعث یکنواختی محصول خواهد شد.

-سیستم بازوی متحرک:

یکی از عمومی‌ترین روش‌ها برای تولیدکنندگان نشائی، آبیاری با دستگاه بازوی متحرک است. که در این حالت آبپاش‌ها (افشانه‌ها) بر روی یک لوله افقی قرارگرفته و این بازو با سرعت‌پایین و ثابت در طول گلخانه حرکت می‌کند تا توزیع آب به‌طور یکنواختی صورت پذیرد. این سیستم توانائی ایجاد تغییر در سرعت موتورها و استفاده از افشانک‌های متفاوت را دارا است. این بازوها اکثراً قابلیت انتقال به سایر واحدهای گلخانه‌ای دیگر را دارد بنابراین هزینه این سیستم در گلخانه‌های وسیع ناچیز است.

شکل ۱۰: آبیاری با استفاده از بازوی متحرک در کشت نشائی

-مه پاش:

مه پاش‌ها با تولید قطرات بسیار ریز آب (در حد ۵ میکرومتر) باعث افزایش رطوبت نسبی به‌طور یکنواختت با کاربرد بسیار کم آب نسبت به سایر سامانه‌ها (سیستم میست با قطر ذرات ۲۰ تا ۶۰ میکرومتر) و یا سیستم دستی با (قطر ذرات ۳۰۰ تا ۵۰۰ میکرومتر) می‌شود. این سیستم نیاز به آب باکیفیت مناسب و تمیز دارد. استفاده از سامانه مه پاش در برخی از محصولات گل‌دار باعث رشد سریع‌تر آن‌ها نسبت به سایر روش‌های آبیاری بارانی شود. به‌عنوان‌مثال، استفاده از سامانه مه پاش، باعث شد که جوانه‌زنی بذر گل اطلسی ۱۰ روز زودتر نسبت به سیستم آبیاری بازوی متحرک شود. در اتاق‌های جوانه‌زنی از مه پاش‌ها بیشتر از گلخانه‌ها استفاده می‌شود.

-آبپاش‌های ثابت:

سیستم آبپاش‌های ثابت برای کامل شدن دوره رشد در هوای آزاد و به‌طور عمومی برای آبیاری توپی‌ها استفاده می‌شود. افشانک‌ها انشعاباتی دارند که آب را روی ردیف‌های محصول قرار می‌دهند. مشکل احتمالی در ایجاد یکنواختی در آبیاری، همپوشانی نازل‌ها است که می‌تواند ناچیز یا کامل باشد. معمولاً اندازه قطرات در این سیستم بزرگ‌تر از اندازه قطرات در سیستم بازوی متحرک یا سامانه‌های مه پاش است.

-آبیاری تحتانی:

آبیاری تحتانی روشی است که بیشتر برای آبیاری گلدان‌ها در گلخانه‌ها به دلیل کاهش هزینه کارگری و یکنواختی آبیاری استفاده می‌شود. اما برای تولید نشاء در داخل سینی‌های، نشاء دچار مشکل می‌شود .چون سلول‌های سینی به‌سرعت از آب اشباع می‌شوند. کاربرد کمتر از حد اشباع آب نیز مقدور نیست و بزرگ‌تر شدن اندازه ذرات محیط کشت کاهش جزئی جذب آب را به دنبال دارد .یکی از مشکلات این روش این است که هرس ریشه با این روش آبیاری روی میز یا کف سیمانی امکان‌پذیر نیست، چون کف سینی‌ها به‌اندازه مناسب خشک نمی‌شوند.

در تولید نشای سبزی‌ها می‌توان از آبیاری تحتانی استفاده نمود. در این سیستم بین هر آبیاری سینی‌ها روی سیم‌هایی قرار می‌گیرند که اجازه هرس شدن ریشه را می‌دهد. دور آبیاری در این روش حدود ۲ تا ۳ روز است. یکی از مزایای آبیاری تحتانی این است که شاخ و برگ گیاه در طی آبیاری خشک باقی می‌ماند. ولی در این سیستم کمترین مقاوم‌سازی قبل از انتقال به زمین اصلی صورت می‌گیرد.

رشد غیریکنواخت گیاه در سینی‌ها

یکی از نکاتی که بایستی در کشت نشاءها موردتوجه قرارداد توزیع یکنواخت آب آبیاری است. درصورتی‌که یکنواختی توزیع آب آبیاری پایین باشد رشد نشاءها یکسان نخواهد بود. همچنین رشد غیریکنواخت نشاءها می‌تواند به علت جریان غیریکنواخت هوا در گلخانه و درنتیجه زود خشک شدن برخی قسمت‌های سینی‌ها باشد. درصورتی‌که توزیع آب به‌صورت یکنواخت انجام نشود و یا به خاطر جریان غیریکنواخت هوا بعضی از قسمت‌های سینی‌ها زودتر خشک شود رشد نشاءها نیز غیریکنواخت خواهد بود. معمولاً سلول‌های خارجی سینی خشک‌تر بوده و رشد کمتری نسبت به سلول‌های درونی‌تر سینی از خود نشان می‌دهند. سایه‌اندازی نشاءهای بزرگ‌تر روی محیط کشت باعث کاهش تبخیر، و نشاءهای کوتاه‌تر فضا را برای افزایش ورود نور بازکرده و باعث افزایش تبخیر از سطح محیط کشت می‌شوند همین امر باعث رشد غیریکنواخت نشاءها در قسمت‌های مختلف سینی‌ها خواهد شد.

مقاوم‌سازی یا سازگاری نشا برای انتقال به زمین اصلی

با توجه به اینکه در مراحل اولیه انتقال نشاء به زمین اصلی، تنش‌های زیادی به گیاه تحمیل می‌شود، لازم است نشاءها قبل از انتقال مقاوم شوند. برای مقاوم کردن نشاها قبل از انتقال به مزرعه، میزان رطوبت محیط کشت گیاه پایین آورده می‌شود تا شانس بقای گیاه طی حمل‌ونقل و پس از نشاکاری افزایش یابد. همچنین کاهش دمای گلخانه با کمک سیستم تهویه، کاهش میزان آب آبیاری و بیرون بردن نشاها از گلخانه برای مدت چند روز از راهکارهای مقاوم‌سازی یا به‌عبارتی‌دیگر آماده‌سازی نشاء است. در مناطقی که آب‌وهوای معتدل دارند یک دوره سازگاری ۳ تا ۴ روزه کافی است؛ که در این حالت نشاءها را از فضای بسته گلخانه به محیط بازتری آورده (در شب به دلیل خنکی هوا ممکن است از پوششی جهت جلوگیری از سرمازدگی نشاءها استفاده نمود) تا با شرایط محیطی بیرون گلخانه سازگار شوند و پس از مدتی به مزرعه انتقال داد.

انتقال نشاء به زمین اصلی

قبل از انتقال نشاء بایستی زمین آماده و خاک تا عمق موردنظر با توجه به نوع نشاء نرم و قابلیت کشت توسط دست یا دستگاه را داشته باشد. اگر نشاء به‌صورت دستی کشت می‌شود باید قبل از کاشت به‌وسیله ادوات کشاورزی خطوطی روی زمین برای راهنمای کارگران جهت کشت ایجاد شود. نشاءهای انتقال داده‌شده به مزرعه را باید تا زمان کاشت در سایه قرار شود و اگر زمین در منطقه بادخیز قرار دارد می‌بایست نشاءها قبل از کاشت، هر ۲ ساعت یک‌بار آبیاری شوند (ترجیحاً انتقال نشا در ساعات اولیه روز انجام شود که هوا خنک‌تر است). برای به دست آوردن بهترین عملکرد و کمترین خطا، باید تا حد امکان فاصله زمانی انتقال نشاء به مزرعه تا کشت آن کوتاه باشد. در زمان کاشت دقت شوکه خاک هر نشاء به‌طور کامل از داخل سینی خارج‌شده و کارگران در برداشت نشاء از سینی دقت لازم را داشته باشند. اگر ساقه یا ریشه گیاه در زمان انتقال نشاء آسیب ببیند احتمال زنده ماندن گیاه کم می‌شود. در تخمین جهت خرید تعداد نشاء مصرفی باید ۱۰ تا ۱۵ درصد نشاء بیشتری در نظر گرفته شود. بهتر است که کشت نشاء به همراه آبیاری قطره‌ای (تیپ) انجام شود از دیگر روش-های آبیاری که به همراه کشت نشایی توصیه می‌شود روش آبیاری بارانی است که بلافاصله بعد از انتقال نشاء بایستی انجام شود. روش آبیاری غرقابی اگرچه امکان‌پذیر است ولی به علت غیریکنواختی توزیع آب آبیاری توصیه نمی‌گردد. قبل از انتقال نشاء به زمین اصلی باید موارد ذیل را مدنظر قرارداد. در ضمن بایستی توجه داشت که سینی‌های نشاء قبل از انتقال به زمین اصلی آبیاری سنگین شوند تا از شوک احتمالی رطوبتی به نشاها جلوگیری شود.

شکل ۹: انتقال نشاء به زمین اصلی

روش انتقال نشا به مزرعه

نشا را می‌توان به دو روش دستی و مکانیزه به زمین منتقل کرد:

- روش دستی- مناسب اراضی کوچک است و به دلیل زمان‌بر بودن و نیاز به نیروی کارگری زیاد برای مزارع بزرگ توصیه نمی‌شود.
- روش مکانیزه- پیشنهاد می‌شود تا حد امکان از دستگاه نشاء کار برای کشت نشاء استفاده شود؛ زیرا در این روش سرعت کاشت و دقت افزایش، نیروی کارگری و هزینه کاهش و عمق کاشت نسبت به سایر روش‌ها یکنواخت است. برای اراضی بزرگ انواع نشاکارهای نیمه مکانیزه داخلی و خارجی وجود دارد که امکان کاشت سریع نشاها در مزرعه را فراهم می‌کنند.

فصل چهارم

آب بازیافتی در گلخانه

آب بازیافتی یا آب اصلاح‌شده همان آب مضر یا فاضلاب است که تحت فرآیندهای مختلف تصفیه شده و مواد جامد و ناخالصی‌های آن حذف یا کاهش‌یافته است. درنهایت برای مصارف مختلف ازجمله آب آبیاری استفاده می‌شود. به طورکلی، کیفیت آب بر اساس ترکیبی از چندین ویژگی فیزیکی، شیمیایی و اکولوژیکی تعریف می‌شود و می‌توان آن را مطابق با استانداردها/دستورالعمل‌های کیفی موجود (به‌عنوان‌مثال GobalGap، ISO) طبقه‌بندی کرد (FAO, 2018). کاهش کیفیت آب یک مسئله نگران‌کننده جهانی است و شایع‌ترین مشکل، وقوع پدیده یوتریفیکاسیون[1] به دلیل بارهای مواد مغذی بالا (عمدتاً فسفر، نیتروژن و گوگرد) است که مصرف آب را با محدودیت مواجه می‌کند (UN Water, 2015). منابع آب سطحی مانند دریاچه‌ها و مخازن به دلیل شستشوی کودها و پساب ناشی از آب برگشتی کشاورزی در معرض یوتریفیکاسیون و آلودگی به نیترات و فسفات قرار دارند. در همین حال، بهره‌برداری بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی در مناطق ساحلی باعث نفوذ آب‌شور دریا به آبخوان ساحلی می‌شود. این امر میزان شوری آب را افزایش می‌دهد که درنتیجه آن کیفیت آب برای آبیاری کاهش می‌یابد.

نوع و کیفیت آب آبیاری، ماهیت سفره‌ها، آب و هوا و غیره متفاوت است. کیفیت مطلوب آب بستگی به سامانه زراعی، ارقام و گونه‌های محصول و مدیریت مصرف آب و کود دارد. آب بازیافتی در گلخانه با توجه به

[1] Eutrophication

نوع بستر کشت متفاوت است. عمده آب برگشتی در گلخانه‌های با بستر بدون خاک به‌صورت محلول جمع‌آوری می‌گردد؛ اما در گلخانه‌های با بستر کشت خاک عمدتاً آب برگشتی شامل نفوذ و زهکشی آب به درون خاک است. در زمینه استفاده مجدد از آب بازیافتی توجه بیشتر تولیدکنندگان به کیفیت منابع آب شیرین است، زیرا در صورت استفاده از آب بازیافتی ممکن است عدم تعادل مواد مغذی رخ دهد و بیماری‌های گیاه از طریق منطقه ریشه گسترش یابد (Thompson et al., 2018). علاوه براین، از آنجا که جذب سدیم و کلر توسط اکثر محصولات بسیار محدود است، ممکن است این یون‌ها در هر مرحله استفاده مجدد تا سطح فیتوتوکسیک[1] برای محصولات تجمع پیدا کنند (Sonneveld and Voogt, 2009). استفاده از آب بازیافتی می‌تواند مقدار قابل‌توجهی از مواد مغذی به‌ویژه نیتروژن (N) و فسفر (P) را در دسترس گیاه قرار دهد که این امر می‌تواند باعث افزایش حاصلخیزی خاک، ایجاد شرایط مفید و مطلوب برای رشد گیاه، افزایش تولید و عملکرد محصول، کاهش مقدار کودهای مصرفی مورد نیاز و درنتیجه افزایش سود اقتصادی برای کشاورزان را به دنبال داشته باشد. البته استفاده از آب بازیافتی معایبی نیز دارد. به‌عنوان‌مثال می‌تواند منجر به انباشت فلزات سنگین در خاک و انتقال بیماری‌ها شود (Rodriguez-Manzano et al., 2012). انباشت این فلزات سنگین که سرطان‌زا می‌باشند، مشتقات اکسیدشده آن‌ها می‌تواند منجر به آلودگی آب و ایجاد سمیت شود.

تولید محصولات در گلخانه‌ها هنوز در مصرف آب کارآمد نیست. سامانه‌های رشد بدون خاک در اکثر گلخانه‌های اروپایی رایج شده است. اگرچه هنوز در مقیاس وسیع در هر کشور مشاهده نشده است. مزایای سامانه‌های کشت بدون خاک در مقایسه با محصولات تحت کشت در خاک به شرح زیر است (Van Os, 1994):

- رشد و تولید محصول مستقل از نوع خاک منطقه؛
- کنترل بهتر رشد با استفاده از مصرف آب باکیفیت‌تر و کوددهی بهتر؛
- افزایش کیفیت و کمیت محصولات؛
- تولید محصول عاری از عوامل بیماری‌زا در بستر بدون خاک و کنترل عوامل بیماری‌زای منتقل شده به خاک.

---

[2] phytotoxic

از معایب استفاده از سامانه‌های کشت بدون خاک می‌توان به کیفیت بالای آب مورد نیاز، سرمایه‌گذاری و هزینه‌های بالای کود و کیفیت پایین آب مورد نیاز اشاره کرد.

در اکثر گلخانه‌ها، سامانه‌های قابلیت تولید آب برگشتی وجود دارد. در چنین سامانه‌های گلخانه‌ای، مواد مغذی اضافی ناشی از مصرف کود آزادانه به منابع آب سطحی یا زیرزمینی انتقال می‌یابند؛ بنابراین به دلیل انگیزه‌های اقتصادی و نگرانی‌های محیط‌زیستی باید از سامانه‌های رشد نیمه بسته یا بسته برای استفاده مؤثرتر از آب و کود استفاده کرد. این سامانه‌های بسته در مصرف آب و کود کارآمدتر بوده و آسیب کمتری به محیط می‌رسانند. از معایب سامانه‌های بسته می‌توان به خطر پراکندگی سریع عوامل بیماری‌زای منتقل‌شده در خاک از طریق بازیافت مواد مغذی در آب اشاره کرد. برای از بین بردن این عوامل بیماری‌زا می‌توان از چندین روش ضدعفونی استفاده کرد:

الف) تصفیه ازن[۱]

برای ضدعفونی کردن آب زهکشی شده می‌توان از ازن استفاده کرد. ازن دومین ماده ضدعفونی‌کننده قوی در جهان است و از آن می‌توان برای بین بردن باکتری‌ها، ویروس‌ها و بوها استفاده کرد. استفاده از میزان ۱۰ گرم ازن برای هر مترمکعب آب در هر ساعت برای از بین بردن همه عوامل بیماری‌زا کافی است (Van Os, 2002).

ب) ضدعفونی با اشعه ماوراءبنفش[۲]

یکی دیگر از راه‌های ضدعفونی آب زهکشی شده، استفاده از اشعه ماوراءبنفش است. اشعه ماوراءبنفش (یا UV) یک فرآیند اثبات‌شده برای ضدعفونی آب، هوا یا سطوح جامد است که ازنظر میکروبیولوژی آلوده می‌باشند. برای از بین بردن باکتری‌ها و قارچ‌ها، میزان $۱۰۰mJ/cm^2$ و برای ویروس‌ها نیز دوز $۲۵۰mJ/cm^2$ توصیه می‌شود (Van Os, 2002).

ج) تصفیه حرارتی[۳]

---

[۱] Ozone treatment
[۲] UV disinfection
[۳] Heat treatment

هنگامی‌که عملیات حرارتی انجام می‌شود، محلول حدود ۳۰ ثانیه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود. در این دما همه عوامل بیماری‌زا از بین می‌روند (Runia et al., 1998). یکی از معایب عملیات حرارتی، مصرف گاز است. همچنین، آب زهکشی شده گرم حاوی اکسیژن کمتری است.

د) فیلتراسیون شن و ماسه[1]

در دهه اخیر، گلخانه‌ای اروپایی و آلمریا از یک سامانه فیلتراسیون شن و ماسه برای از بین بردن عوامل بیماری‌زا استفاده می‌کنند (Wohanka, 1995; Van Os et al., 1997; Runia et al., 1997). در این روش اغلب از فیلتراسیون شن و ماسه استفاده می‌شود و یک روش بسیار قوی برای حذف جامدات معلق از آب است. محیط فیلتراسیون شامل لایه‌ای از ماسه با اندازه و وزن مخصوص متفاوت است. پالایه‌های شنی را می‌توان در اندازه‌ها و از مواد مختلف به‌صورت دستی یا کاملاً خودکار تهیه کرد.

روش‌های کاهش ورود نور به گلخانه

در ماه‌های گرم سال که درجه حرارت گلخانه از حد مطلوب بالاتر می‌رود، با روش‌های مناسب باید درجه حرارت گلخانه را کاهش داد. به‌منظور تعدیل دمای بالای هوا در گلخانه، سه عملیات کاهش نور ورودی به گلخانه، تهویه گلخانه و استفاده از سامانه‌های خنک‌کننده به‌صورت جداگانه یا ترکیبی انجام می‌گیرد. به طور معمول، خنک کردن گلخانه بسیار سخت‌تر و پرهزینه‌تر از گرم کردن آن است. در شرایط تشعشع بالا در فصل گرم و در نواحی خشک حتی با تهویه مناسب، دمای گیاه در گلخانه می‌تواند ۵ تا ۱۰درجه سانتی‌گراد بالاتر از دمای هوا باشد و حتی انجام عملیات تهویه به‌تنهایی نمی‌تواند برای بسیاری از گیاهان خنکی کافی مهیا کند. افزایش رطوبت داخل گلخانه برای رشد مناسب محصول در مناطق نیمه‌خشک و خشک با رطوبت بسیار پایین فضای بیرون و دمای بالای هوا ضروری است.

الف) استفاده از توری‌های سایه‌انداز

استفاده از توری سایه‌انداز یکی از روش‌های کاهش دما در گلخانه در روزهای گرم سال است. این توری‌ها در رنگ‌های سفید، سبز تیره و مشکی وجود دارند و میزان سایه‌اندازی آن‌ها بین ۳۰ تا ۹۵ درصد است. توری‌هایی با رنگ سبز و مشکی بیشترین استفاده را در سایه‌دهی دارند. این توری‌ها بخشی از اشعه تابشی خورشید را فیلتر می‌کنند و باعث کاهش دمای هوای درونی گلخانه از ۵ تا ۸ درجه سانتی‌گراد می‌شوند. تراکم بافت و وزن توری در واحد سطح (گرم بر سانتی‌مترمربع) میزان سایه‌اندازی این توری‌ها را تعیین می‌کند. با افزایش تراکم

[1] Sand filtration

بافت، درصد سایه‌اندازی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. توری‌های سایه‌انداز را می‌توان در داخل یا خارج از گلخانه نصب کرد، اما نصب آن در خارج گلخانه باعث می‌شود تا اثر سایه ایجاد شده در کاهش دمای گلخانه به‌مراتب بیشتر از قرار دادن توری در داخل گلخانه باشد. نصب سایه‌انداز در داخل گلخانه تنها باعث کاهش برخورد اشعه‌ی نوری به سطح گیاه می‌شود، ولی در کاهش درجه حرارت گلخانه تأثیر چندانی ندارد. این روش برای ذخیره انرژی در فصل زمستان استفاده می‌شود و اصطلاحاً به آن «پرده ذخیره انرژی» اطلاق می‌شود.

ب) کاهش شفافیت پوشش گلخانه

یکی دیگر از روش‌های کاهش ورود نور به گلخانه، کاهش میزان شفافیت و قابلیت عبور نور از پوشش اصلی گلخانه است. برای پوشش گلخانه‌ها اغلب از مواد شفافی مانند شیشه، پلاستیک‌های انعطاف‌پذیر یا انعطاف‌ناپذیر استفاده می‌شود. حداکثر قابلیت عبور نور در فصل زمستان برای تأمین نور مورد نیاز و جبران بخشی از انرژی گرمایی گلخانه اهمیت ویژه‌ای دارد، ولی در فصل تابستان برای جلوگیری از افزایش دمای ناشی از تابش اشعه‌ی خورشید لازم است شفافیت و قابلیت عبور نور پوشش گلخانه کاهش یابد. برای این کار سطح پوشش گلخانه توسط مواد شیمیایی یا طبیعی و با استفاده از پرده سایه‌بان پوشانده می‌شود. موادی که استفاده می‌شود باید قابل پاک شدن باشد تا در زمان نیاز به نور اضافی تأمین شود. در زیر به برخی از مواد مورد استفاده برای کاهش شفافیت پوشش گلخانه اشاره شده است:

استفاده از آب آهک

در این روش برای بهتر چسبیدن محلول آب و آهک آن را با یک قاشق روغن کتان محلول می‌کنند تا به‌خوبی روی پوشش گلخانه بچسبد. جوهر نمک نیز این محلول را به سهولت پاک می‌کند. ولی جوهر نمک برای اسکلت‌های فلزی زیان‌آور است و باعث آسیب‌دیدگی سازه گلخانه می‌شود. پاشش محلول آب آهک را می‌توان با استفاده از دستگاه سم‌پاش انجام داد.

استفاده از رنگ‌های شیمیایی

یکی دیگر از راه‌های کاهش شفافیت پوشش گلخانه‌ای، کاربرد رنگ‌های شیمیایی است. بدین منظور از رنگ‌های حلال در آب استفاده می‌شود که اصطلاحاً در بازار به رنگ‌های پلاستیکی معروف می‌باشند.

رنگ‌های پلاستیکی بر پایه رزین امولسیونی پلی‌وینیل استات[1] ساخته می‌شوند. این رنگ‌ها به‌سرعت خشک می‌شوند و با آب شسته و پاک می‌شوند. رنگ‌های پلاستیکی با نسبت‌های مختلف با آب مخلوط می‌شوند و در ساعات گرم روز و زمانی که هوا خشک است، روی پوشش گلخانه پاشیده می‌شوند. نسبت‌های مختلف اختلاط رنگ با آب، میزان سایه دهی را تغییر می‌دهد. این نسبت‌ها می‌تواند از ۱:۵ تا ۲۰:۱ متغیر باشد. در مناطقی که بارندگی زیاد است و امکان شسته شدن سریع رنگ وجود دارد، مقداری چسب چوب نیز می‌توان به محلول اضافه کرد.

روش‌های ساده صرفه‌جویی انرژی

برخلاف سامانه‌های گرمایشی، بررسی‌ها نشان داده است از سامانه‌های صرفه‌جویی انرژی در گلخانه‌ها به‌طور گسترده استفاده می‌شود. هر یک از روش‌های صرفه‌جویی انرژی در زیر تشریح شده است:

دیوارهای دوگانه[2]

استفاده از گلخانه‌های با دیوارهای دوگانه یک روش کاربردی برای کنترل دمای کم زمستان است و می‌تواند جایگزین مناسبی برای سامانه‌های گرمایشی در مناطق ساحلی مدیترانه باشد. علاوه براین، این تأسیسات تولید محصول بهتری نسبت به گلخانه‌های تک جداره دارند (Papadopoulos and Hao, 1997). این نوع گلخانه با افزودن یک‌لایه دوم به ضخامت ۵۰ یا ۱۰۰ میکرومتر از جنس پلی‌اتیلن (gauge 125-250) ساخته شده‌اند. این روش می‌تواند تلفات گرما را ۴۰ تا ۵۰ درصد (Gutierrez Montes et al., 1992) و مصرف گرما را بیش از ۵۷ درصد کاهش دهد (Bauerle and Short, 1977). درنتیجه، دما در گلخانه تا ۸ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد و درنهایت افزایش دما و رشد مطلوب برای گیاهان حاصل می‌شود (Amsen, 1981).

با این حال، این سامانه کنترل آب و هوا در گلخانه‌ها گسترش نیافته است و استفاده از آن در برخی از گلخانه‌ها محدود می‌شود. این نوع سامانه به‌خصوص در گلخانه‌هایی استفاده می‌شود که کنترل دقیق آب و هوا برای رشد صحیح مرحله جوانه‌زنی در آن‌ها مهم است و به تغییرات دما حساسیت بیشتری نسبت به مرحله توسعه و بلوغ گیاه دارند. استفاده از دیوارهای دوگانه در گلخانه علاوه بر تغییر دما، رطوبت، نور و CO_2 را نیز در داخل آن‌ها تغییر می‌دهد. همچنین، باعث کاهش نفوذ هوا و تلفات گرما در شب می‌شود. سطح CO_2 نیز ممکن است

---

[1] Polyvinyl acetate

[2] Double walls

کاهش یابد؛ بنابراین بالا بردن کربن دی‌اکسید ممکن است ضروری باشد (Bauerle and Short, 1981). با این حال، ضعف اصلی این سامانه‌ها این است که نصب آن‌ها در طول روز ممکن است باعث کاهش قابل توجه نور در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد در گلخانه شود (Ferare and Goldsberry, 1984).

تونل‌های نیمه فعال[۱]

تونل‌ها، سازه‌های کوچک تحت پوشش یک‌لایه پلی‌اتیلن (PE) با ضخامت ۵۰ میکرومتر و عرض ۰/۵ تا یک متر می‌باشند. از آن‌ها فقط برای مراحل اولیه رشد استفاده می‌شود، زیرا در مراحل بعدی، برگ‌های گیاه به پلاستیک و پوشش برخورد می‌کند که ممکن است رشد گیاه را متوقف و محدود کند. این تونل‌ها دمای هوا در اطراف گیاه در مراحل جوانه‌زنی را افزایش داده و باعث کاهش تلفات انرژی در شب می‌شود. قرار دادن تونل‌ها در بالای لوله‌های گرمایشی گلخانه باعث صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف انرژی می‌شود.

پوشش‌های حرارتی[۲]

از پوشش‌های حرارتی می‌توان به‌جای تونل‌های کم ارتفاع استفاده کرد که باعث کاهش تلفات گرما از خاک و سطح گیاهان به علت تابش مادون قرمز و جابجایی و انتقال به هوا و درنهایت افزایش دمای آن‌ها می‌شود. این پوشش‌ها را می‌توان از ورقه‌های نازک که در برابر اشعه ماوراءبنفش مستحکم بوده و اثرات مضر تابش مستقیم خورشید را کاهش می‌دهند، استفاده کرد. این روکش و ورقه‌های نازک سبک (با وزن تقریبی حدود ۱۷ گرم در هر متر مربع) و دارای نفوذپذیری و شفافیت بالا (حدود ۹۵ درصد) برای انتقال تابش خورشید می‌باشند (Shukla et al., 2006) و این امکان را فراهم می‌کند تا محصول به‌خوبی رشد کند. همچنین، این پوشش‌های حرارتی می‌توانند تا ارتفاع یک متر بالای محصولات قرار گیرند (Barral et al., 1999). این امر دمای هوا در اطراف گیاهان را ۳-۲ درجه سانتی‌گراد در شب و در ساعات اولیه صبح و در حدود ۴-۳ درجه سانتی‌گراد در ساعت‌های میانی روز کاهش می‌دهد (Ghosal and Tiwari, 2004). این پوشش‌ها مستقیماً روی خاک و گیاه جوانه‌زده قرار می‌گیرند. درنتیجه از آسیب‌های ناشی از کاهش دما جلوگیری می‌شود.

---

۱ Semi forcing tunnels

۲ thermal blankets

تقسیم‌بندی گلخانه

ایجاد تقسیم‌بندی مختلف در داخل گلخانه‌ها برای محصولات زراعی و حتی برای محصولات کشاورزی با نیازهای حرارتی مختلف می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی نیازهای گرمایشی و سرمایشی را کاهش دهد. بخش‌ها از طریق قرار دادن صفحات عمودی از جنس PE ایجاد می‌شوند. همچنین، این روش می‌تواند در گلخانه‌های با طول زیاد و دامنه‌های شیب‌دار برای جلوگیری از اتلاف انرژی استفاده شود.

روش‌های صرفه‌جویی مصرف آب در گلخانه

کشاورزان برای افزایش تولید و بهبود عملکرد با توجه به منابع آب محدود، به افزایش فناوری‌های نوین کشاورزی مانند گلخانه‌ها روی آورده‌اند. گلخانه‌ها یک جایگزین پایدار به‌جای روش‌های کشاورزی سنتی در فضای باز می‌باشند، زیرا محصول در طول سال به‌طور مداوم رشد می‌کند، پوشش گلخانه رطوبت را حفظ می‌کند، تابش خورشید به‌طور یکنواخت در گلخانه پخش می‌کند و سرعت باد کنترل می‌شود؛ بنابراین، حفظ و ایجاد یک محیط آب و هوایی کنترل شده در گلخانه، محصولات را از تنوع و تنش‌های موجود در شرایط هوای آزاد بیرون از گلخانه محافظت می‌کند. بررسی‌ها نشان داده است تولید محصولات گلخانه‌ای به میزان بیشتر و با مصرف آب کمتر نسبت به محصولات تحت کشت در هوای آزاد شناخته می‌شود. آب و هوای کنترل شده در گلخانه، محصولات را در برابر تنش‌ها تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی، یعنی افزایش تنوع آب و هوایی و نوسانات میزان بارندگی محافظت می‌کنند. گلخانه‌ها مصرف آب را کاهش می‌دهند و درعین‌حال بهره‌وری کشاورزی را نیز افزایش می‌دهند. درک، ترویج و آموزش روش‌هایی که از طریق آن میزان مصرف آب در گلخانه‌ها را کاهش می‌دهند می‌تواند رویکردهای گلخانه‌ای در تولید محصولات را تغییر دهد تا ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب، میزان تولیدات خود را افزایش دهند.

به‌طورکلی صرفه‌جویی مصرف آب در گلخانه با توجه به نیاز آبی همان محصول در شرایط فضای باز برآورد می‌شود. نیاز آبی گیاهان در فضای باز بر اساس روش ساده‌ای توسط FAO طراحی شده است (Brouwer, 1986). نیاز آبیاری گیاه در شرایط باز (بیرون از گلخانه) از تفاوت بین نیاز آبی آن در شرایط باز و باران مؤثر به دست می‌آید. باران مؤثر تقریباً بخشی از میزان بارندگی است که در ناحیه ریشه گیاه نفوذ می‌کند و به مصرف گیاه می‌رسد و به‌صورت نفوذ عمقی در خاک و یا رواناب از بین نمی‌رود (Brouwer, 1986). بارش مؤثر را به‌عنوان معیاری برای تعیین نیاز آبیاری یک محصول خاص توصیه می‌کنند. بارندگی در گلخانه به دلیل پوشش پلاستیکی یا شیشه‌ای ناچیز است و در نظر گرفته نمی‌شود. درنتیجه بارندگی فقط به‌عنوان

پارامتری در تعیین نیاز آبیاری گیاهان تحت شرایط باز و درنهایت صرفه‌جویی مصرف آب همان گیاه تحت کشت گلخانه در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین برآورد نیاز آبیاری برای مقایسه مصرف آب در گلخانه با مصرف آب واقعی در فضای باز برای یک کشت مشخص مفید است.

بر اساس آب مصرفی گیاهان در فضای باز، چهار روش صرفه‌جویی آب در گلخانه در نظر گرفته می‌شود تا کل مصرف آب در گلخانه برآورد شود. بنابراین با در نظر گرفتن الزامات آبیاری گیاهان در فضای باز می‌توان میزان صرفه‌جویی در مصرف آب همان گیاه تحت کشت گلخانه را برآورد کرد. به‌طورکلی به چهار دلیل اصلی کشت گیاه در گلخانه در مقایسه با فضای باز، مصرف آب را کاهش می‌دهد: ۱) دوره رشد گیاه در گلخانه معمولاً کوتاه‌تر از دوره رشد در شرایط باز است و درنتیجه در طول فصل رشد، آب کمتری مصرف می‌شود، ۲) فاصله بین گیاهان کمتر است، بنابراین تلفات آب کاهش می‌یابد، ۳) سامانه آبیاری قطره‌ای، کارایی مصرف آب را بهبود می‌بخشد و ۴) گیاهان به دلیل کاهش باد، افزایش رطوبت و تنظیم درجه حرارت در محیط گلخانه، آب کمتری را از طریق تبخیر و تعرق از دست می‌دهند.

تعیین میزان دقیق میزان صرفه‌جویی آب در گلخانه‌ها دشوار است. منبع اصلی صرفه‌جویی آب در گلخانه‌ها ناشی از کاهش میزان تبخیر و تعرق در داخل گلخانه است (Czyzyk et al., 2014)، اما گلخانه‌ها روش‌های دیگر صرفه‌جویی مصرف آب را شامل آبیاری قطره‌ای، فواصل کاشت کمتر و درنهایت دوره رشد کوتاه‌تر را ارائه می‌دهند. تحقیقات پیشین صرفاً برای تعیین میزان صرفه‌جویی مصرف آب بر تبخیر و تعرق متمرکز شده است و پارامترهایی مانند فاصله کاشت محصول و طول دوره رشد را در نظر نگرفته‌اند (Czyzyk et al., 2014; Salokhe et al., 2005). اخیراً بررسی‌ها نشان داده است برای دستیابی به صرفه‌جویی قابل توجه مصرف آب در گلخانه‌ها باید چهار پارامتر متمایز شامل کاهش دوره رشد، کاشت گیاه با فاصله کمتر، آبیاری قطره‌ای و کاهش میزان تبخیر و تعرق را در نظر گرفت.

چهار روش ذکر شده برای صرفه‌جویی مصرف آب در گلخانه کاملاً مستقل از یکدیگر نیستند. به‌عنوان مثال، افزایش تعداد بوته در واحد سطح از طریق کاهش فاصله بین گیاهان ممکن است منجر به کاهش بیش از حد دوره رشد گیاه در گلخانه شود. به این معنی که با افزایش تراکم کاشت، هر گیاه ممکن است پراکندگی نور خورشید را که به‌طور معمول به بوته‌های خود می‌رسد را کاهش داده و درنتیجه رشد گیاه را کم کند. احتمالاً هر ترکیب بهینه‌ای برای محصولات استفاده شود، این دو حالت صرفه‌جویی در آب را شامل نمی‌شود و بر یکدیگر تأثیر منفی می‌گذارند، اما در حال حاضر چنین ترکیبی هنوز مشخص نشده است. هنگامی‌که از آبیاری

قطره‌ای استفاده می‌شود، فاصله کمتر بین گیاهان باعث صرفه‌جویی در آب نمی‌شود. این دو حالت متقابلاً منحصر به فرد می‌باشند. به‌عبارت دیگر آبیاری قطره‌ای تحت تأثیر تراکم منطقه توسعه ریشه از طریق کاهش فاصله بین گیاهان و درنتیجه به حداقل رسیدن مساحت بین نواحی ریشه گیاهان قرار نمی‌گیرد، زیرا در حال حاضر آبیاری قطره‌ای فقط آب را به‌طور مستقیم در اختیار منطقه توسعه ریشه قرار می‌دهد. با این حال، از آنجا که آب در آبیاری قطره‌ای به‌طور ناقص به خاک اطراف نفوذ می‌کند، فاصله کمتر بین گیاهان می‌تواند تلفات آبیاری قطره‌ای را کاهش دهد. با توجه به این‌که این امر به‌ندرت اتفاق می‌افتد، بنابراین هرگونه صرفه‌جویی در مصرف آب احتمالاً ناچیز خواهد بود.

به‌طورکلی آگاهی از پتانسیل صرفه‌جویی آب در گلخانه و درک عواملی که موجب صرفه‌جویی در مصرف آب در گلخانه می‌شود می‌تواند گلخانه‌داران را در بهینه‌سازی مصرف آب در گلخانه آگاه کند. به‌عنوان مثال، پس از محاسبه چهار روش صرفه‌جویی آب در گلخانه، یک کشاورز ممکن است تصمیم بگیرد که از توانایی‌های گلخانه خود برای به‌کارگیری فاصله کمتر گیاهان و یا تغییر برنامه تهویه خود در گلخانه به‌منظور کاهش تلفات آب از طریق تبخیر و تعرق و درنهایت صرفه‌جویی مصرف آب استفاده کند. یک رابطه قوی بر اساس داده‌های تجربی و میدانی که میزان مصرف آب در فضای باز و گلخانه را مقایسه می‌کند می‌تواند روابط غیرخطی بین این چهار عامل و کل صرفه‌جویی مصرف آب در گلخانه را به‌درستی توصیف کند. درواقع یک مدل قوی که بتواند تمام عوامل سیستماتیک را در نظر بگیرد؛ اما در حال حاضر پیدا کردن این رابطه میسر نیست. با این حال، آزمایش‌های خاصی وجود دارد که می‌تواند وابستگی متقابل و پیچیده این روش‌های صرفه‌جویی آب را بهتر تعیین کند. به‌عنوان مثال، اندازه‌گیری میزان آب مصرفی و طول دوره رشد محصول گوجه‌فرنگی در گلخانه که با تراکم کشت مختلف رشد می‌کنند می‌تواند رابطه بین فاصله کشت گیاهان، طول دوره رشد و صرفه‌جویی در مصرف آب را بهتر نشان دهد.

منابع

احرار،م. ، دلشاد،م. و بابالار ،م. ۱۳۸۸. بهبود کارایی مصرف آب و کود در کشت بدون خاک خیار گلخانه‌ای با استفاده از پیوند و پلیمرهای ابرجاذب. مجله علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۳(۱): ۷۷-۶۹.

انتصاری، م.ر. و همکاران. ۱۳۸۶. کارایی مصرف آب در کشت گلخانه‌ای. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

پاد،ب.، سمائی،م.، موسوی،د.، بصیرت، م.، هرسینی،م.، دیوسالار، م. رضائی، و. ۱۳۹۲. دستورالعمل تولید نشاء مکانیزه سبزی و صیفی در سطح تجاری. معاونت امور تولیدات گیاهی(دفتر امور سبزی ، گیاهان زینتی و دارویی)، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر(بخش تحقیقات سبزی و صیفی)، موسسه تحقیقات خاک و آب وسازمان حفظ نباتات

جعفری ، پ. ۱۹۹۹. استفاده از پیوند در سبزی و صیفی برای بهبود تولیدات گلخانه ای (۱) .

جوانمردی، ج. ۱۳۸۸ .مبانی علمی و عملی تولید نشاء سبزی.انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۲۵۶صفحه.

جوکار، م. ۱۳۸۵ . شیوه جدید پیوند زدن برای سبزی‌های میوه ای در ژاپن. مجله زیتون. شماره ۱۵۹.

خواجه حسینی، م. حقیقی خواه، م. و قشم، ر. .۱۳۹۴. راهنمای ترویجی تولید و کاشت نشاء پنبه. دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و معاونت زراعت جهاد کشاورزی. ۲۷ صفحه.

دهقانی‌سانیج، ح.، زارعی، ق. و حیدری، ن. ۱۳۸۶. بررسی مدیریت آبیاری و کارایی مصرف آب در گلخانه‌ها و مسایل و چالش‌ها. اولین کارگاه فنی ارتقای کارایی مصرف آب با کشت محصولات گلخانه‌ای. ۲۶ مهرماه ۱۳۸۶.

رضوانی، س. م.، دهقانی‌سانیج، ح.، بیات، ف و زارع‌ابیانه ح. ۱۳۹۵. تعیین عمق و دور آبیاری برای زراعت گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی در منطقه همدان. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۶(۱۰):۷۷۰-۷۸۵.

صالحی محمدی، ر. و کاشانی، ع. ۱۳۸۳ . اثرهای پایه های مختلف کدو بر رشد و عملکرد خیار گلخانه ای رقم سلطان . مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۵(۱).

صمدی بروجنی, ح و نوربخش، ح. ۱۳۹۶. جمع آوری آب باران راهکاری برای رفع موانع فنی و حقوقی افزایش بهره وری مصرف آب در بخش کشاورزی. دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد -انجمن هیدرولوژی ایران.

عابدی، م. ۱۳۹۵. دستورالعمل تولید نشاء گوجه فرنگی. نشریه ترویجی. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. ۳۰ صفحه.

عابدی‌کوپایی، ج.، مسفروش، م. ۱۳۸۸. ارزیابی کاربرد پلیمر سوپر جاذب بر عملکرد، کارایی مصرف آب و ذخیره عناصر غذایی در خیار گلخانه‌ای. مجله آبیاری و زهکشی ایران. شماره۲، جلد ۳، ص ۱۰۰-۱۱۱.

عباسی، ف.، ناصری، ا.، سهراب، ف.، باغانی، ج.، عباسی، ن. و اکبری، م .۱۳۹۴. ارتقای بهره‌وری مصرف آب. نشریه ۳۴/۹۴ ، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۶۵ صفحه.

کج‌بافیان، ح.، نصیریان، ن. و قاسم‌نژادملکی، ح. م. ۱۳۹۴. ارزیابی بهره‌وری انرژی و اقتصادی گلخانه‌های صیفی در استان خوزستان. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. سال ششم، شماره بیست و سوم. پاییز ۱۳۹۴.

کریمی، ن.، صدرالدینی، ع.ا.، ناظمی، ا.ح.، فرسادی‌زاده، د.، حسین‌زاده‌دلیر، ع. و دهقانی، ف. ۱۳۸۹. تاثیر کم‌آبیاری روی رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای. مجله دانش آب و خاک، جلد ۲۰/۱، شماره ۱. سال ۱۳۸۹.

Aly AA, Al-Omran AM and Khasha AA. 2015. Water management for cucumber: Greenhouse experiment in Saudi Arabia and modeling study using SALTMED model. Journal of soil and water conservation 70 (1): 1-11.

Amsen, M.G. 1981. Environmental conditions in different types of greenhouses, Acta Horticulturae, 115: 99-104.

Asadi R and Karandish F. 2016. Influence of irrigation management and drip irrigation laterlas on water use, yield and net benefits in greenhouse cucumber production. Iranian journal of soil and water research 47(1) 13-24. (in Persian)

Barral, J.R., Galimberti, P.D., Barone, A. and Miguel A.L. 1999. Integrated thermal improvements for greenhouse cultivation in the central part of Argentina, Solar Energy, 67(1-3):111-118.

Bauerle, W. L. and Short, T. H. 1981. Changes in practices for energy conservative greenhouses. Acta Horticulturae, 115: 309-310.

Bauerle, W.L. and Short, T.H. 1977. Conserving heat in glass greenhouses with surface-mounted air-inated plastic; Ohio Agricultural Research and Development Center. Special circular 101.

Brouwer, H.H.C. 1986. Chapter 2: Crop Water Needs. Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs. Rome: FAO.

Czyzyk, K., Bement, S., Dawson, W. and Mehta, K. 2014. Quantifying Water Savings with Greenhouse Farming. IEEE- Global Humanitarian Technology Conference, Seattle, WA, 2014.

FAO (2018). Water accounting for water governance and sustainable development. White Paper. http://www.fao.org/3/I8868EN/i8868en.pdf

Ferare, J. and Goldsberry, K.L. 1984. Environmental conditions created by plastic greenhouse covers, Acta Horticulturae, 148: 675-682.

Ghosal, M. K. and Tiwari, G.N. 2004. Mathematical modeling for greenhouse heating by using thermal curtain and geothermal energy, Solar Energy, 76: 603-613.

Gutierrez Montes, J.L., Adrados Blaise-Ombrecht, C., Garcia Mari, E. and Cruz-Gonzailez, J M. 1992. Suelo caliente e infrarrojos como calefacción. Horticultura, 76: 46-53.
Hashem FA, Medany MA, Abd ElMoniem EM and Abdallah MMF. 2011. Influence of green-house cover on potential evapotranspiration and cucumber water requirements. Annals of Agricultural Sciences 56(1): 49-55.
Papadopoulos, A.P. and Hao, X. 1997. Effects of greenhouse covers on seedless cucumber growth, productivity, and energy use. Scientia Horticulturae, 68: 113-123.
Rodriguez-Manzano, J., Alonso, J.L., Ferrús, M.A., Moreno, Y., Amorós, I., Calgua, B., Hudesa, A., Guerrero-Latorre, L., Carratala, A. and Rusiñol, M. 2012. Standard and new faecal indicators and pathogens in sewage treatment plants, microbiological parameters for improving the control of reclaimed water. Water Science & Technology, 66: 2517–2523. [CrossRef] [PubMed]
Runia, W.Th, Van Os, E.A. and Bollen, G.J. 1998. Disinfection of drainwater from soilless cultures by heat treatment. Neth. The Journal of Agricultural Science, 36: 231-238.
Runia, W.Th., Michielsen, J.M.G.P., Van Kuik, A.J. and Van Os, E.A. 1997. Elimination of root infecting pathogens in recirculation water by slow sand filtration. Proceedings 9th of international congress on Soilless culture, Jersey 395 – 408.
Salokhe, V.M., Babel, M.S. and Tantau, H.J. 2005. Water requirement of drip irrigated tomatoes grown in greenhouse in tropical environment. Agricultural Water Management, 71 (3): 225-242.
Shukla, A., Tiwari, G. N. and Sodha, M. S. 2006. Thermal modeling for greenhouse heating by using thermal curtain and an earth-air heat exchanger, Building and Environment, 41: 843-850.
Sonneveld, C. and Voogt, W. 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Chapter 7 Salinity and Water Quality. Springer Dordrecht, 2009: 431 p.
Thompson, R.B, Delcour, I., Berkmoes, E. Stavridou (Editors) 2018. The Fertigation Bible. ISBN: 978-1-5272-2327-1. http://www.fertinnowa.com/the-fertigation-bible/
UN Water. 2015. http://www.un.org/waterforlifedecade/quality.shtml United Nations. 2014. United Nations World Water Report. United Nations.
Van Os, E.A. 1994. Closed soilless systems for more efficient and environmental friendly production. Acta horticulturae, Wageningen, The Netherlands (1994) Read
more: https://www.lenntech.com/water_reuse_greenhouse_horticulture.htm#ixzz756LHc5s4
Van Os, E.A. 2002. Stanghellini C. Water reuse in greenhouse horticulture, Water recycling and resource recovery ISBN: 1 84339 005 1, IWA publishing (2002) Read
more: https://www.lenntech.com/water_reuse_greenhouse_horticulture.htm#ixzz756LHc5s4
Van Os, E.A., Bruins, M.A., Van Buuren, J., Van der Veer, D.J. and Willers, H. 1997. Physical and chemical measurements in slow sand filters to disinfect recirculating nutrient solutions. Proceedings 9th of international congress on Soilless culture, Jersey, 313-328.
Wohanka, W. 1995. Disinfection of recirculation nutrient solutions by slow sand filtration. Acta Horticulturae, 382: 246-255.